tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 51 – Nr. 1 – 1986

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en - verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

Bestuur
Dr. M.E.J. Jeuken, voorzitter
Ir. C.B. Dekker, secretaris
Ir. A.A. Dogterom, penningmeester
Ir. H.B. Groen
Prof.Ir. O.W. Memelink
Dr. G.W.M. van Mierlo
Dr.Ir. P.P.L. Regtien
Dr.Ir. H.F.A. Roefs
Dr.Ir. A.J.Vinck, programmacommissaris

Lidmaatschap

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbarellidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt fl.60.-per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

Toestemming tot overnemen van artikelen of delen daarvan kan uitsluitend worden gegeven door de redactiecommissie. Alle rechten worden voorbehouden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt f 60,--. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

Redactiecommissie
Ir. M. Steffelaar, voorzitter
Ir. C.M.Huizer
Dr.Ir. L.P.Ligthart

DE EXAMENS

De door het Genootschap ingestelde examens worden afgenomen in samenwerking met de "Vereniging tot bevordering van Elektrotechnisch Vakonderwijs in Nederland (V.E.V.)". Het betreft de examens:

a. op lager technisch niveau: "Elektronica monteur N.E.R.G.";
b. op middelbaar technisch niveau: "Middelbaar Elektronica technicus N.E.R.G.".

Voor deelname, inlichtingen omtrent exameneisen, reglement, en uitgewerkte opgaven wende men zich tot het Centraal Bureau van de V.E.V., Barneveldseweg 39, 3862 PB Nijkerk; tel. 03494 - 4844.

Onderwijscommissie
Ir.J.H. van den Boorn, voorzitter
Dr.Ir. E.H. Nordholt, vice-voorzitter
Ir. R. Brouwer, secr./penningmeester

SATELLIETCOMMUNICATIE IN EUROPA - DE GROND-SEGMENTMARKT

P. Bartholomé*
European Space Agency

Satellite Communications in Europe - The Earth Segment Market. The various applications of communications satellites which are made or being considered in Europe are reviewed. For each of them, an estimate of the potential earth segment market is presented. It is shown that in several areas, particularly in the mobile, broadcasting and distribution services, the size of the market is more important that the satellite market. It is also shown that European industry has been unable to supply more than a very modest number of INTELSAT stations and INMARSAT ship terminals, and that even the home market of large stations for EUTELSAT is being reaped by Japanese industry. The reasons for this lack of success are identified : lack of industrial policy at European level, excessive fragmentation of the market in small national areas and inadequacy of efforts in high technology developments. The importance of the issues in terms of economy value is stressed and some suggestions to improve the situation are presented.

INLEIDING

Al meer dan twintig jaar zijn satellieten in gebruik als relayeerstations voor lange-afstandscommunicatie. De eerste geostationaire satellite, SYNCOM 2, werd operationeel in 1964 en het INTELSAT systeem begon het jaar daarop met Early Bird, ook wel INTELSAT I genaamd. Deze vroege satellieten waren volledig geproduceerd door de Amerikaanse aerospace industrie die tot op heden 80% van de wereldmarkt voor satellieten voor commerciële telecommunicatie heeft bestreken.

Dat de Amerikaanse industrie, vrijwel zonder concurrentie, de wereldmarkt voor satellieten domineert, is een bekend en geaccepteerd feit. Minder bekend is wellicht dat de grondsegment markt grotendeels door de Japanse industrie is veroverd. Alleen al de NEC firma heeft meer dan een derde van alle stations ter wereld geleverd. Voor INTELSAT alleen heeft NEC 100 poortstations voor internationaal verkeer verkocht, en meer dan 180 voor nationaal gebruik in diverse landen. Er bestaan aanwijzingen voor dat de Europese industrie weinig succes heeft met het veroveren van de grond-segmentmarkt die het EUTELSAT netwerk in Europa creëert, en men kan zich afvragen of deze gang van zaken, dus de overheersing van niet-Europese fabrikanten op de grond-segmentmarkt, de gelegenheid zal krijgen zich verder uit te breiden in de Europese marktsituatie. In verschillende kringen zijn vragen gerezen met betrekking tot de onbalans tussen de door de Europese regeringen gedane investeringen in ruimtetechnologie enerzijds en het algemene gebrek aan belangstelling en steun voor de industrie door diezelfde regeringen met betrekking tot alle andere zakelijke randgebieden die communicatie satellieten opleveren.

Investeringen in een ruimte-infrastructuur voor telecommunicatie veroorzaken een soort sneeuwbaleffect, zoals Fig. 1 laat zien. Ze maken bijbehorende investeringen in een grondsegment infrastructuur noodzakelijk, die op hun beurt verdere investeringen in communicatie-apparatuur, terminalapparatuur en software bevorderen en een hele serie nieuwe activiteiten in de dienstensector opleveren.

Het doel van deze publicatie is een evaluatie te ondernemen van de grond-segmentmarkt (de binnenste ring van Fig. 1) in Europa voor de komende tien jaar (1985-1995), door de vooruitzichten te beschouwen voor elk van de drie traditionele terreinen van het communicatiebedrijf, te weten de Vaste Satellietverbindingen (Fixed-Satellite Service), de Satellietomroep (Broadcasting-Satellite Service) en de Mobiele Satellietverbindingen (Mobile-Satellite Service).

DE VASTE SATELLIETVERBINDINGEN

In de Europese situatie zijn de diensten die door satellieten verricht worden of binnenkort verricht zullen gaan worden, de volgende :

(a) internationale telefoonverbindingen;
(b) internationale uitwisseling van televisieprogramma's (EUROVISION);
(c) nationale en multinationale distributie van TV en radio programma's naar kabelnetwerken (CAIN) en zendstations op aarde;
(d) nationale en multinationale distributie van TV programma's naar gemeenschappelijke antennes (GAIN);

*P. Bartholomé is Hoofd van de Communications Systems Division, ESTEC, Postbus 299, 2200AG Noordwijk. Tel.01719-83141

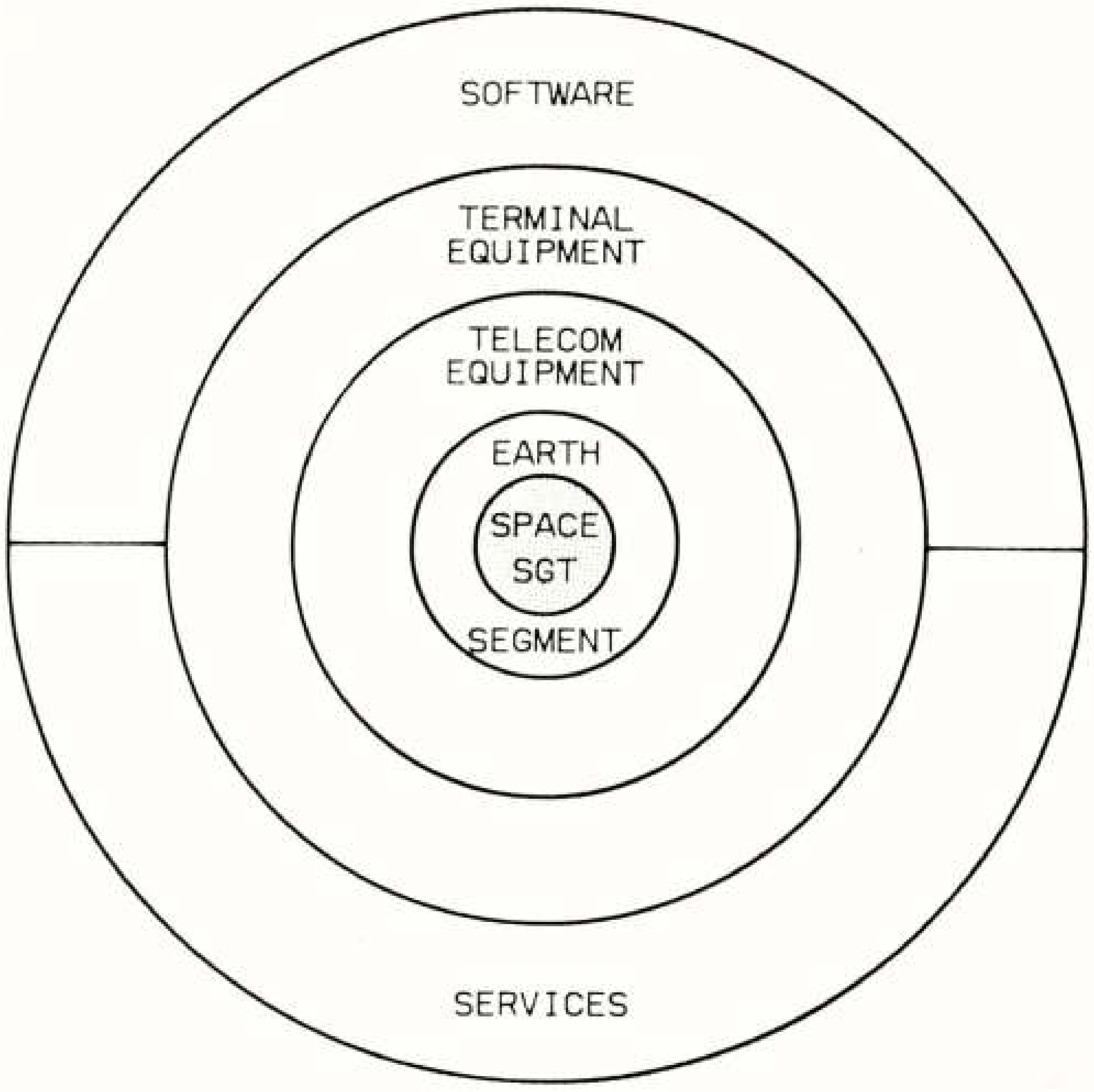


Fig. 1 : Sneeuwbaleffekt van investeringen in space telecommunicatie infrastruktuur

(e) nationale en internationale zakelijke diensten (business services);
(f) distributie van informatie aan besloten gebruikersgroepen;
(g) verzending van documenten en andere soorten materiaal die grote hoeveelheden informatie bevatten zoals aard-observatiebeelden en computerbestanden.

Tenslotte verricht ESA, als onderdeel van de voorstudies in het kader van haar nieuwe lange-termijnprogramma, onderzoek naar het gebruik van satellieten voor nog een andere toepassing:

(h) schakeling van nationale en internationale verbindingen tussen centrales op verschillende niveaus van de landelijke PTT aardse netwerken.

Internationale verbindingen

Voor diensten van type (a) en (b) zijn voor de stations grote antennes (15 tot 30 m diameter) en krachtige zenders (± 1 kW) nodig. De Europese markt is zeer beperkt en biedt weinig vooruitzichten. De plannen van EUTELSAT voorspellen niet meer dan 20 stations in 1990 en de meeste landen zijn al voorzien van INTELSAT stations. Voor de komende tien jaar kan de markt geschat worden op nog 20 stations, die samen een investering betekenen in de orde van 100 MECU*. Op basis van de huidige tendensen bestaat er weinig twijfel over dat het grootste deel van deze markt door de Japanse industrie geoogst zal worden.

Tenslotte heeft, zolang de grootste markt in Europa nog steeds beperkt is tot afzonderlijke landen en veel te klein is om een adequaat dividend op gedane investeringen te kunne opleveren, geen van de Europese stationfabrikanten zich de noodzakelijke financiële inspanningen getroost aangezien ze geen hoop hebben dat er voldoende tegenover die inspanningen zal staan. Zelfs in de grote landen waar contracten bij voorkeur aan eigen industrie worden gegund, is deze nog zwaar afhankelijk van Amerikaans en Japanse bronnen voor de toelevering van technologisch hoogwaardig componenten en subsystemen.

Distributie van televisieprogramma's

Voor de distributie van TV programma's (c) kunnen de stations volstaan met veel kleinere antennes. De zendstations benutten antennes met een diameter van 8 m terwijl de ontvangstantennes variëren van 3 to 6 m diameter. Het aantal zendstations moet recht evenredig zijn aan het aantal transponders in de ruimte dat beschikbaar is voor deze dienst. Na de lancering van de derde ECS satelliet zal EUTELSAT zo'n 20 transponders voor TV distributie beschikbaar hebben. De huidige vooruitzichten zijn dat rond 1990 de voor dit doel beschikbare transponders aan boord van alle huidige en geplande satellieten tezamen waarschijnlijk de 100 zullen overtreffen. Dit is te zien in Tabel 1. Rond 1995 zal het aantal waarschijnlijk de 200 benaderen (Ref. 1).

Het is natuurlijk nog lang niet zeker of de vraag zal toenemen en zich aan het aanbod zal aanpassen, maar de schatting dat de markt, in 1995, 50 zendstations oftewel een totale investering van rond 50 MECU zal bedragen, lijkt niet onredelijk.

Aan de ontvangende zijde is het aantal stations gebonden aan het aantal kabelnetwerken en radiozendstations dat voorzien moet worden en eveneens aan het aantal in gebruik zijnde satellieten, aangezien elk ervan een verschillend station op elke locatie nodig maakt. Het aantal Europese huishoudens dat momenteel TV-programma's ontvangt via CAIN bedraagt ongeveer 10 miljoen; ze worden bediend door zo'n 10.000 netwerken van verschillende afmetingen. Voorspeld wordt dat deze dienst zich zal uitbreiden met een factor twee in de komende tien jaar hoewel het aantal netwerken zich niet noodzakelijkerwijs hoeft te verdubbelen. In aanmerking genomen dat rond 1990 het aantal satellieten dat TV programma's distribueert minstens 3 EUTELSAT, 2 INTELSAT, 2 TELECOM-1 en 2 COPERNICUS systemen zal omvatten (zie Fig. 2), kan de markt voor alleen-ontvangst stations veilig worden geschat op tussen de 10.000 en 20.000 eenheden, oftewel een verkoopvolume van 100 to 200 MECU.

* bij de huidige koers, 1 ECU = US$ 0,81 = hfl 2,50

JAAR VAN LANCE-RING	SATELLIET	AANTAL BESCHIKBARE TRANSPONDERS			
		MINIMUM		MAXIMUM	
		PER SAT.	TOTAAL	PER SAT.	TOTAAL
1982	INTELSAT-V F4	6	6	6	6
1983	ECS F1	10	16	10	16
1984	TELECOM-1A	1	17	1	17
	INTELSAT-V F10	6	23	6	23
	EUTELSAT-1 F2	3	26	3	26
1985	TELECOM-1B	6	32	6	32
1986	EUTELSAT-1 F4	10	42	10	42
	INTELSAT-VI F1	10	52	10	52
1987	EUTELSAT-1 F5	10	62	10	62
	INTELSAT-V1 F2	10	72	10	72
	GDL - SES F1 *	16	88	16	88
1988	COPERNICUS F1	5	93	5	93
	ISI F1 *	-	-	16	109
	ORION F1 *	-	-	16	125
	EBS F1 *	-	-	16	141
1989	VIDEOSAT F1 *	-	-	12	153
	EIRESAT F1 *	-	-	16	169
	ISI F2 *	-	-	16	185
	COPERNICUS F2	7	100	7	192
	INTELSAT-VI F5	10	110	10	202

* gepland

TABEL 1

Bij het schatten van de markt voor gemeenschappelijke TV-ontvangstinstallaties, of GAIN (d), moet in aanmerking genomen worden dat de ontwikkeling van deze markt sterk afhankelijk is van het milder worden van het voorschriftenklimaat in Europa. Er is altijd een zeer strikt wettelijk onderscheid gemaakt tussen de Vaste Satellietverbindingen Dienst die de communicatie regelt tussen vaste stations die allemaal keurig geïdentificeerd en bevoegd zijn, en de Omroepsatelliet Dienst waarbij signalen worden uitgezonden door geïdentificeerde stations maar ontvangen worden door het anonieme publiek. Om uitbreiding van de huidige distributiedienst, die immers alleen bedoeld is voor CAIN, naar GAIN (dus naar ongeïdentificeerde ontvangers) mogelijk te maken, dient dit wettelijke onderscheid afgeschaft te worden. Dit is al gebeurd in de Verenigde Staten onder druk van krachten uit de markt, en het gebeurt ook in sommige

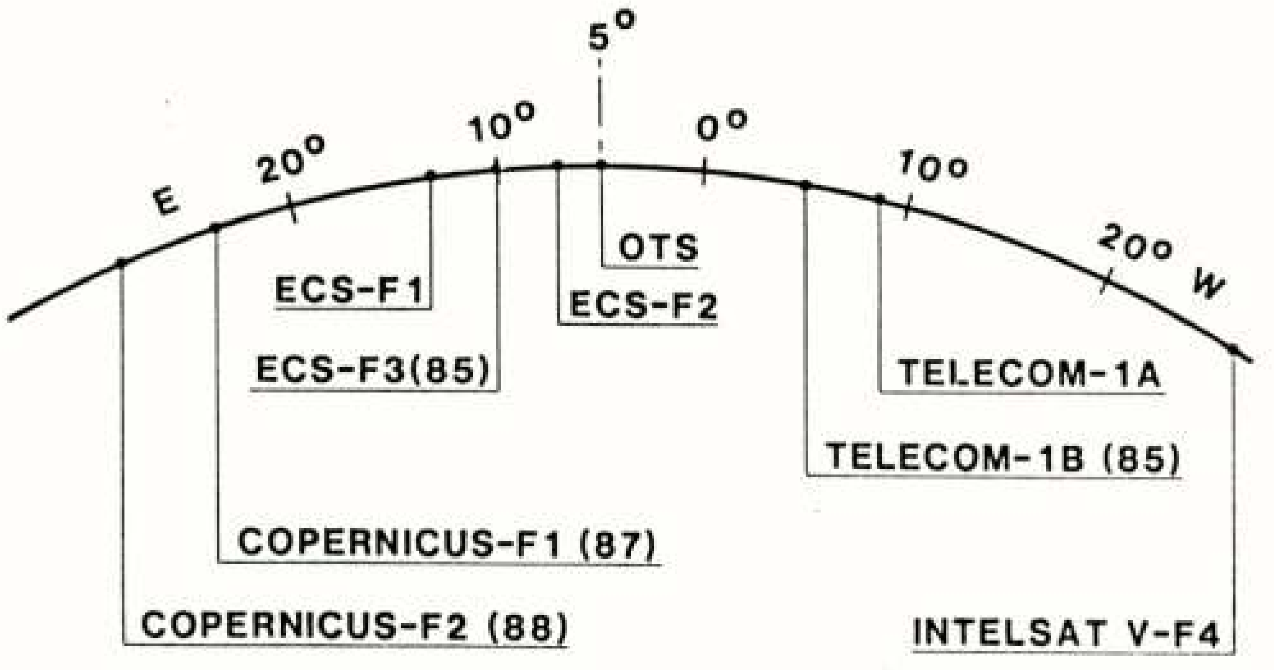


Fig. 2 : Satellieten beschikbaar voor TV distributie

Europese landen, bijvoorbeeld West Duitsland en Engeland. Als deze tendens zich zal verspreiden in Europa, zal GAIN zich kunnen ontwikkelen tot een omvangrijke markt. Aangezien het aantal GAIN-installaties geraamd wordt op dik over de half miljoen, zou het verkooppotentieel in de komende tien jaar dan komen te liggen in de orde van 500 tot 1000 MECU.

Zakelijke diensten

Er bestaan twee opties voor zakelijke voorzieningen (e), namelijk de "netwerkgerichte" versie waarvan TELECOM-1 een voorbeeld is, en de "gebruikergerichte" versie zoals de video/data voorziening die TELE-X in Scandinavië van plan is op te zetten. Stations voor netwerkgerichte systemen behoeven tamelijk ingewikkelde interfaces met het aardse netwerk en dat heeft een aanzienlijke invloed op hun kostprijs. De toekomst voor zakelijke voorzieningen in Europa is nog erg onzeker in dit stadium aangezien noch EUTELSAT noch TELECOM-1 al voldoende de tijd hebben gehad om zich waar te maken. Een conservatieve schatting van het aantal in 1995 noodzakelijke stations ligt tussen de 250 en 500 voor het netwerkgerichte type en tussen de 500 en 1000 voor het gebruikergerichte type. Deze getallen staan voor een verkoopomzet van 80 to 150 MECU voor de eerste groep, en 50 to 100 MECU voor de tweede.

Communicatiesatellieten zijn ideale transportmiddelen om dezelfde informatie te distribueren naar meerdere bestemmingen (f). Dit type toepassing is snel in opkomst in de V.S. getuige de explosieve expansie van de Equatorial Communications Company, een firma die zich bezig houdt met de distributie van gespecialiseerde informatie naar gebruikers die beschikken over een zeer klein alleen-ontvangststation, micro grondstation genaamd. Momenteel zijn er zo'n 20.000 van deze terminals, die

$ 3000 per stuk kosten, in gebruik. In Europa is er nog geen sprake van een dergelijke ontwikkeling, en het is moeilijk om in te zien hoe die hier zou kunnen beginnen, behalve op zeer beperkte schaal, zolang de huidige wetgeving niet veranderd wordt. Het is niettemin de moeite waard vast te stellen dat een hele schuchtere stap in deze richting al is ondernomen ten behoefte van persbureau REUTERS, dat EUTELSAT zal gaan gebruiken om informatie van haar kantoor te London naar diverse vestigingen in de verschillende landen in Europa te seinen. Tenzij er een radicale versoepeling van de wettelijke beperkingen wordt doorgevoerd, kan men slechts constateren dat de marktvooruitzichten op dit gebied, die anders veelbelovend zouden zijn, te verwaarlozen zullen blijven.

Alleen-ontvangststations voor documentatieverzenddiensten (g) zoals APOLLO, het gezamenlijke project van ESA en de Europese Gemeenschap, zullen voorzien moeten zijn van schotelantennes van 1,5 tot 3 m. Uitgaande van een prijs in de categorie van 5 tot 10 kECU kan de omvang van deze markt geraamd worden op to 10.000 eenheden of het equivalent van 50 tot 100 MECU. Zendstations zullen waarschijnlijk tot de eerder genoemde meervoudige voorzieningen gerekend worden en worden dan ook niet afzonderlijk beschouwd.

Geïntegreerd satellietnetwerk

Het laatste type toepassing dat een specifiek grondsegment noodzakelijk maakt, is het satellietnetwerk, dat geïntegreerd wordt met het aardse netwerk (h). De haalbaarheid en bruikbaarheid van een dergelijk netwerk in een enkel land wordt onderzocht in Italië in het kader van het ITALSAT programma. Er wordt daar van uitgegaan dat de satelliet meer dan 200 knooppunten van het aardse net gaat verbinden met elkaar. Op het niveau van geheel Europa (Fig. 3) moet de haalbaarheid van dit concept nog bewezen worden. Dit is momenteel onderwerp van studie by ESA. Schattingen met betrekking tot de grondstationmarkt zijn daarom nog voorbarig, maar wel kan al gesteld worden dat het aantal eenheden in de duizenden zal lopen en dat de totale investering honderden miljoenen ECU zal bedragen.

Zoals al eerder werd gezegd, is de Japanse industrie al practisch zeker van de verovering van het grootste deel van de markt voor grote stations in Europa, en hebben de eigen fabrikanten allemaal de competitie gestaakt. Gelukkig zijn ze actiever op het gebied van de kleinere stations. Op dit terrein lijkt echter het gevaar juist vanuit de andere uiterste hoek te komen, met te

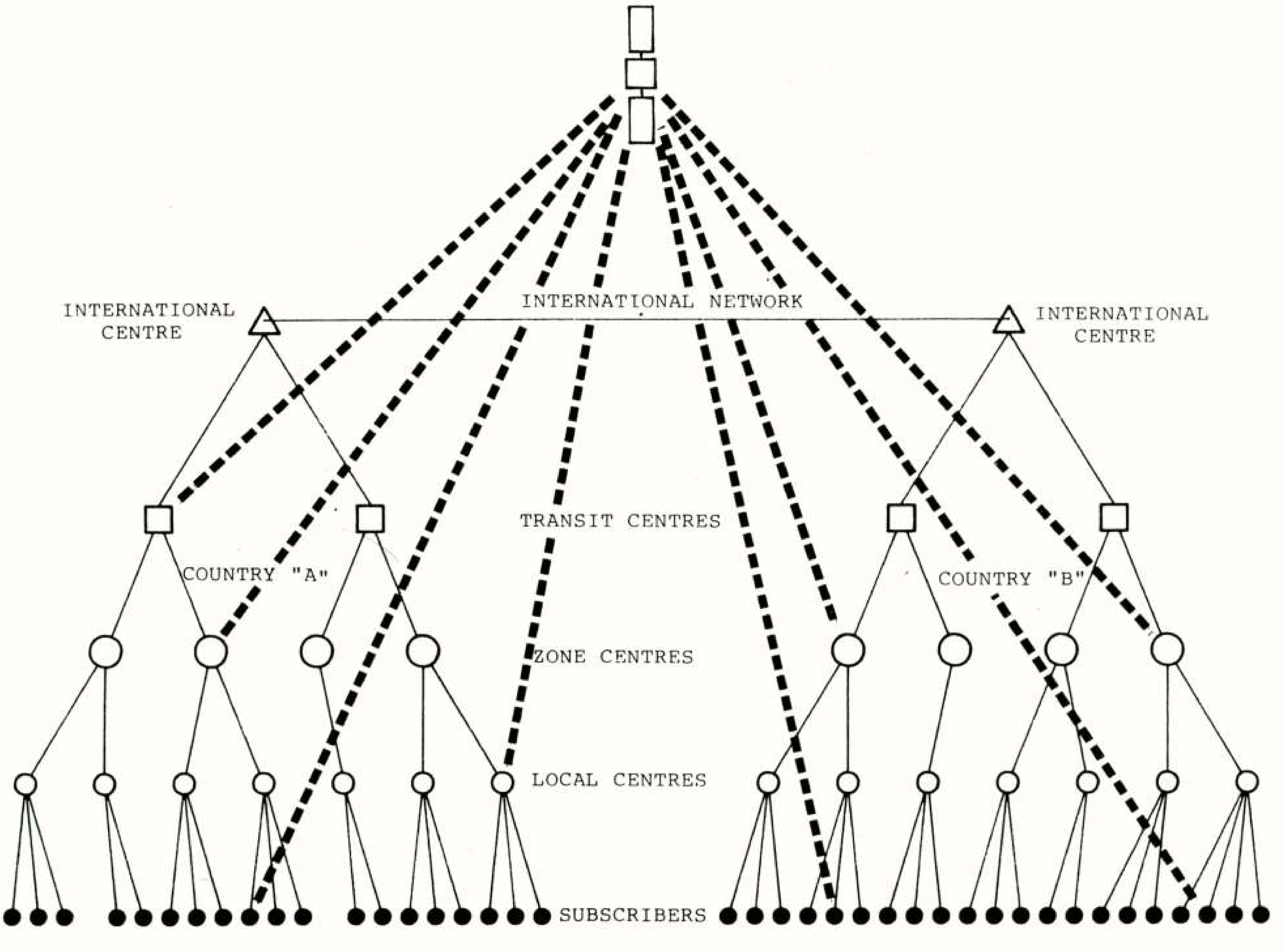


Fig. 3 : Geïntegreerd satellietnetwerk

veel fabrikanten die bezig zijn elkaar en niet-Europese firma's te beconcurreren op een nog zeer bescheiden markt die bovendien zeer versplinterd is door nationale grenzen. Bovendien wordt deze markt in zijn groei geremd door de wettelijke beperkingen en door het gebrek aan een coherent en dynamisch beleid op Europees niveau voor wat betreft de telecommunicatie.

DIRECTE SATELLIETOMROEP

Momenteel worden in Europa vier DBS (directe omroep) satellieten ontwikkeld: TV-SAT en TDF-1, de zustersatellieten die door Frankrijk en Duitsland samen worden gebouwd, TELE-X, een project waarvan Zweden de leiding heeft maar dat ten goede komt aan alle vier de Scandinavische landen, en ESA's OLYMPUS. Deze laatste zal twee krachtige zenders meenemen die hoofdzakelijk door de Italiaanse TV (RAI) gebruikt zullen worden voor een pre-operationele DBS dienst en door enkele EBU lid-organisaties die met het EUROPA-TV Consortium geassocieerd zijn. Deze zijn van plan tv programma's voor grote aantallen Europese kijkers te gaan uitzenden. Verschillende andere Europese landen zoals het Verenigd Koninkrijk, Ierland, Spanje, Zwitserland, en Luxemburg schenken serieuze aandacht aan diverse DBS schema's, maar hebben tot op heden geen beslissingen genomen. Alle vier de in aanbouw zijnde satellieten zullen gaan functioneren op hoge vermogensniveaus, die zeer dicht raken aan die welke gespecificeerd zijn in het WARC-77 plan.

Vaak worden twijfels geuit over de toekomst van het op krachtig niveau uitzenden via satellieten, hetgeen op het eerste gezicht overdreven en duur lijkt. Een type argumenten is gebaseerd op de mening dat de ontwikkeling van kabelnetwerken de uitzendsatellieten overbodig zal maken. Deze mening vloeit zelf voort uit de aanname dat hele landen in een paar jaar bekabeld kunnen worden tegen geringere kosten dat die welke het opzetten van een satellietsysteem met zich meebrengt. Dat dit niet het geval is, wordt bewezen door verschillende projecten in Europa. Andere tegenwerpingen suggerereren dat satellieten die op een lager vermogensniveau opereren dan die welke door WARC-77 zijn gespecificeerd minder duur zouden zijn in het gebruik maar toch geheel toereikend zouden zijn, in aanmerking genomen dat veel huishoudens al zijn aangesloten op een kabelnetwork of aangesloten kunnen worden op een gemeenschappelijke antenna, en dat de vooruitgang op het gebied van de gevoeligheid van huisontvangers een evenredige vermindering van zendvermogen van de satelliet mogelijk maakt. Deze wijze van redeneren gaat echter voorbij aan verschillende belangijke aspecten van het probleem.

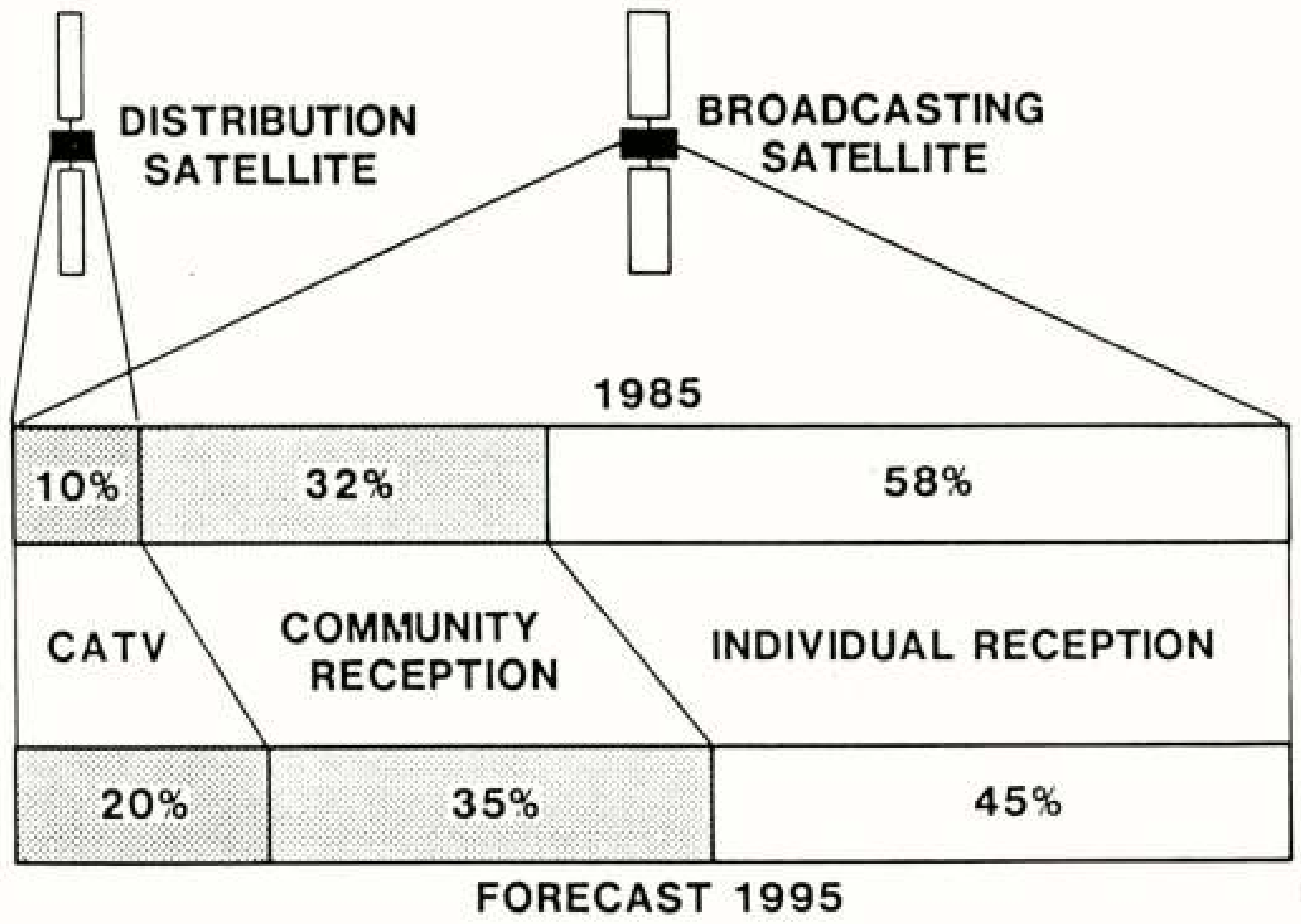


Fig. 4 : Potentiële ontvangst van distributie- en omroepsatellieten in West Europa

In de eerste plaats is, zoals Fig. 4 laat zien, het percentage op CAIN en GAIN aangesloten huishoudens momenteel 46% en het wordt niet waarschijnlijk geacht dat dit percentage de 55 zal overschrijden in tien jaar tijd (Ref. 2). Dat laat dan ook minstens 50 miljoen huishoudens over met geen andere keus dan particuliere ontvangst. Deze huishoudens kunnen slechts via directe uitzending bereikt worden. In de tweede plaats richt de omroep zich per definitie op het grote publiek. Dat impliceert dat het door de satelliet uitgezonden signaal zo krachtig moet zijn dat ontvangst ervan mogelijk is met behulp van de eenvoudigste en goedkoopste apparatuur, die geschikt is voor massaproductie. Het belang van deze ontwikkelingen, in combinatie met de aanname van de nieuwe MAC zendstandaard, wordt geïllustreerd in Fig. 5, waarin de effecten ervan worden getoond in geval van een hypothetisch DBS systeem voor Nederland.

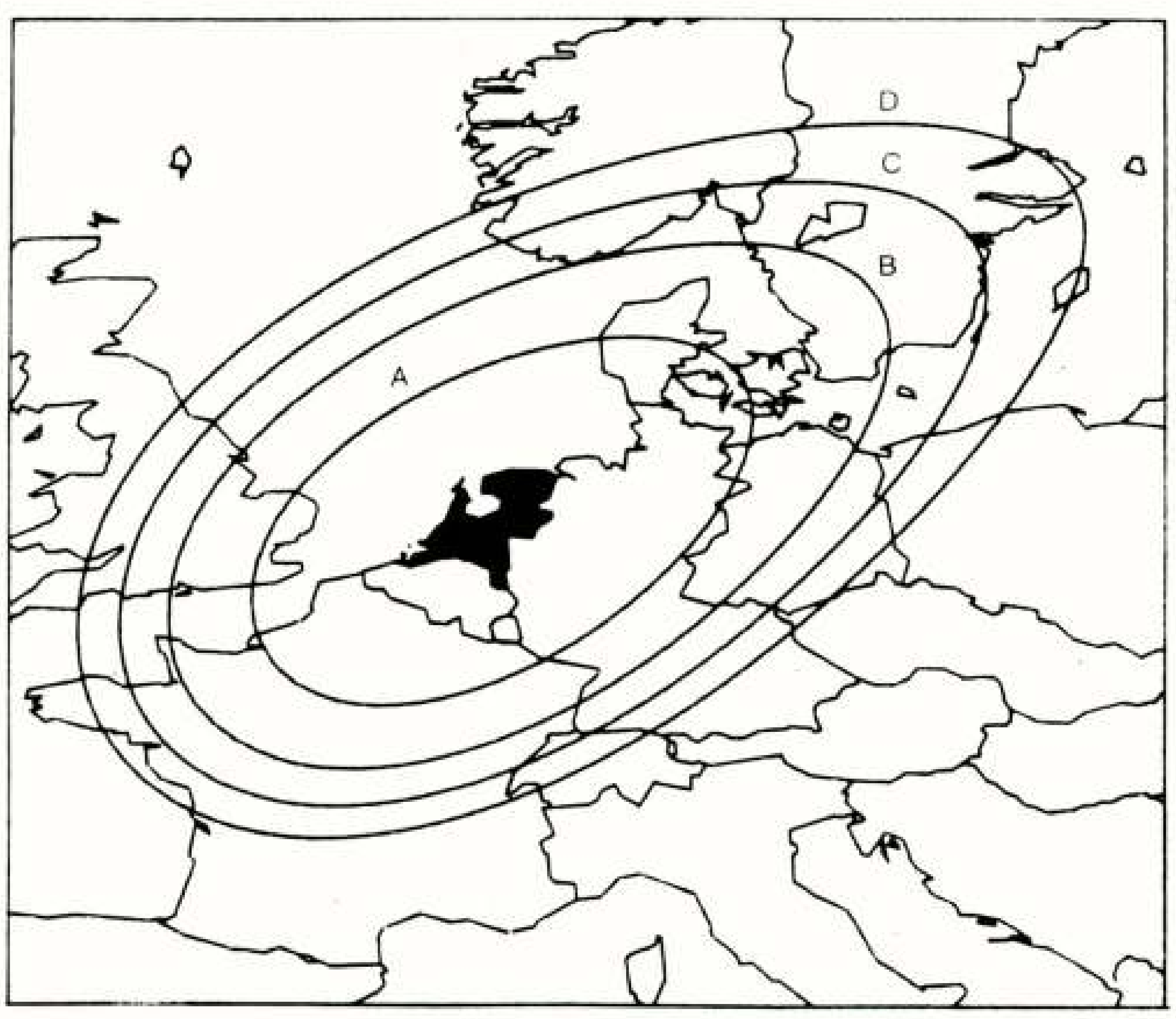


Fig. 5 : Bedekkingsgebied van DBS voor Nederland

De binnenste ring (A) geeft het bedekkingsgebied weer voor individuele ontvangst met een 90 cm schotel, zoals in het 1977 plan voorzien was. De buitenste ring (D) geeft de limiet van de effectieve bedekking weer die bereikt kan worden met de huidige technologie en het MAC systeem. De tussenliggende ringen geven de limieten aan van de effectieve bedekking wanneer kleinere (C: 60 en B: 45 cm) schotels worden gebruikt. Het gecombineerde effect van een uitbreiding van het bedekkingsgebied en het gebruik van kleinere antennes zal ongetwijfeld een aanzienlijke vergroting betekenen van het transnationale publiek van iedere nationale satelliet. Het is in Europa zonneklaar aangetoond dat het concept van krachtige satellieten die TV programma's naar uitsluitend nationaal publiek uitzenden veel van zijn aantrekkingskracht heeft verloren. De satelliet wordt nu gezien als het ideale middel voor transnationale en zelfs pan-Europese omroep-uitzendingen. Voor de uitvoering van deze taak is een groot vermogen onontbeerlijk.

Bij het schatten van de totale marktomvang voor DBS ontvangers in Europa de komende tien jaar dient onderscheid gemaakt te worden tussen de massageproduceerde, compacte apparatuur voor particuliere ontvangst en de meer professionele installatie die nodig is voor de CAIN en GAIN netwerken. Voor de eerstgenoemde zullen antenne-afmetingen van 30 à 90 cm volstaan, terwijl voor het tweede type deze waarde op kan lopen tot enkele meters.

Het aantal huishoudens dat TV programma's door de lucht ontvangt, bedraagt momenteel zo'n 85 miljoen, waarvan 55 miljoen in de vier grootste landen, te weten Duitsland, het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk en Italië. Al deze kijkers worden voorzien via de satellieten TV-SAT, TDF-1 en OLYMPUS (zie Fig. 6). De toename van de kabelnetten zal een vermindering tot 60 respectievelijk 35 miljoen tot gevolg hebben. Op deze basis kan veilig geschat worden dat de potentiële markt voor individuele ontvangers in Europa de 10 miljoen eenheden ruimschoots overtreft. Dit staat gelijk aan een verkoopvolume in de orde van grootte van 10.000 MECU.

De rest van de Europese bevolking, die is aangesloten op CAIN of GAIN, omvat 30 miljoen huishoudens. Naar verwachting zal dit aantal zich in de loop van de volgende tien jaar verdubbelen. Momenteel worden deze huishoudens bediend door 650.000 systemen van zeer uiteenlopende afmetingen. Er van uitgaande dat DBS satellieten op andere plaatsen in de ruimte zullen verkeren en op een andere frequentieband zullen opereren dan de voor distributie gebruikte satellieten, mag men weinig of geen overeenkomsten tussen stations van beide types verwachten. Een markt voor 100.000 eenheden behoort dan ook to de mogelijkheden; dit zou in de komende tien jaar een investering betekenen van 500 to 1000 MECU.

Tot dusverrre is de aandacht primair gericht geweest op ontvangst van de door de nationale satellieten van elk land gerelayeerde programma's. Maar zoals gezegd verschuift de aandacht van de gevestigde en toekomstige omroeporganisaties momenteel in de richting van transnationale of zelfs pan-Europese dekking. Dit nieuwe type uitzendingen zal nooit het omvangrijke internationale doelpubliek bereiken tenzij aan twee noodzakelijke voorwaarden is voldaan. Ten eerste moeten alle uitzendingen gestandaardiseerd worden en dat dient bij voorkeur te gebeuren conform de C-MAC/Packet norm die EBU aanbeveelt, of tenminste volgens een of ander daarvan afgeleid en compatibel systeem zoals D2-MAC, waaraan sommige Europese fabrikanten de voorkeur geven. De tweede voorwaarde is dat de industrie aan de consument een "Europees" soort ontvangers gaat leveren, wat inhoudt dat deze TV programma's die afkomstig zijn van verschillende satellieten, kan ontvangen en weergeven.

Vanaf 1988 zullen TV-SAT, TDF-1 en OLYMPUS tot acht programma's gaan uitzenden vanaf de zelfde ruimtepositie. Het is beslist noodzakelijk dat al deze programma's door één en dezelfde ontvanger kunnen worden ontvangen. Deze eisen aan de ontvanger moeten niet onderschat worden, want ze noodzaken tot de toevoeging van een antenne die beide types circulaire polariteit kunnen ontvangen, een front end van 800 MHz breed, en een uitgebreid RF-IF konvertersysteem om alle ontvangen programma's tegelijkertijd via de IF output beschikbaar te krijgen. In Ref. 3 is een bespreking te lezen van het

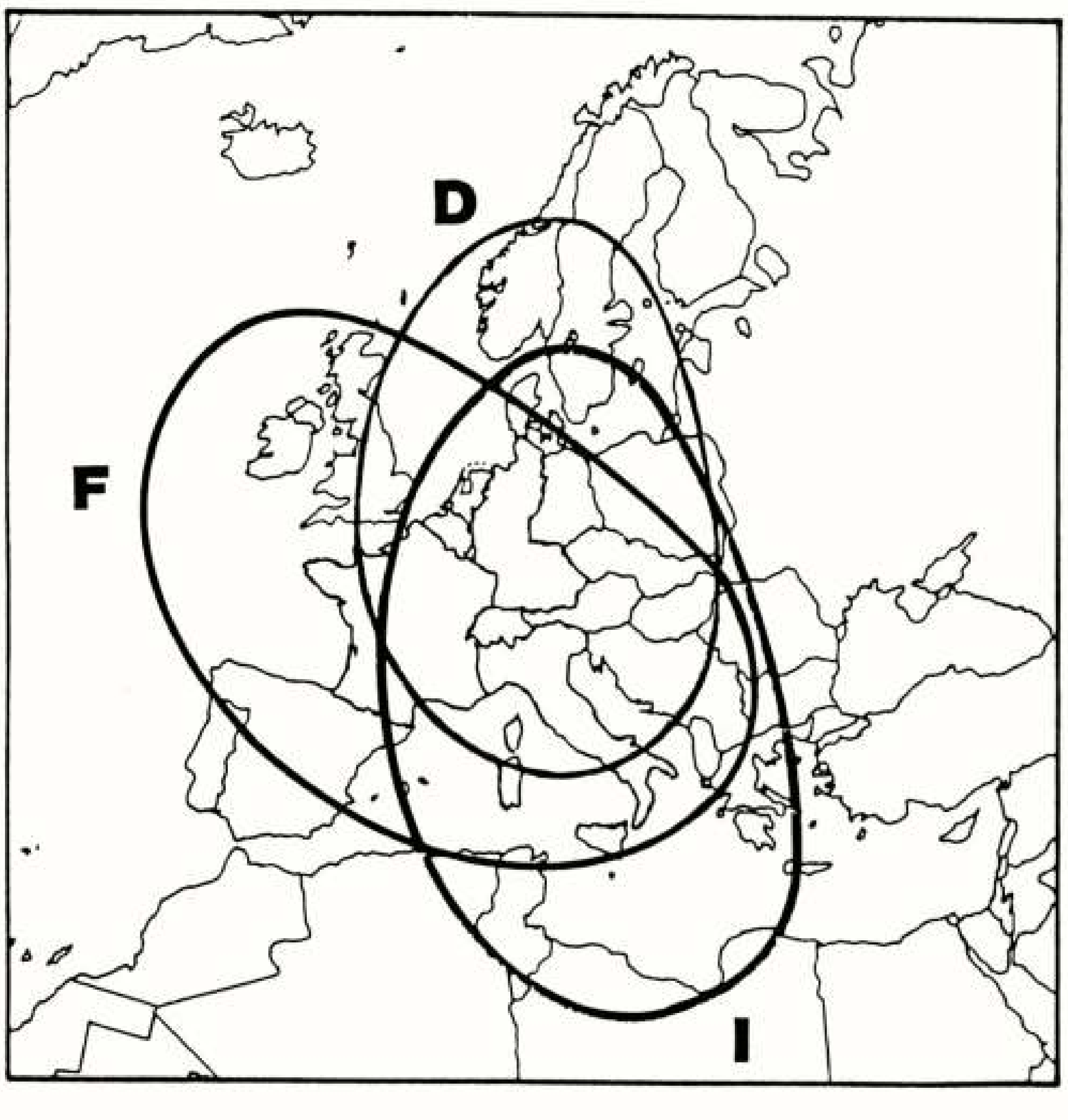


Fig. 6 : Bedekkingsgebieden van TV-SAT, TDF-1 en OLYMPUS

ontwerp. Te zijner tijd zullen, wanneer satellieten vanuit meer dan één positie gaan uitzenden, wellicht meervoudige straalantennes noodzakelijk worden om de Europese kijker tevreden te stellen.

DE MOBIELE SATELLIETVERBINDINGEN

Op het gebied van de land-mobiele communicatie zijn de marktvooruitzichten bijzonder gunstig. Er bestaat een grote en nog niet bevredigde vraag van de zijde van reizigers die vanuit hun eigen of zakenauto continu toegang willen hebben tot de telefoonnet, of die in elk geval berichten willen kunnen ontvangen wanneer ze onderweg zijn. In een aantal gebieden van Europa zijn dergelijke voorzieningen beslist al gebruikt. Die hebben echter het nadeel van een geringe geografische reikwijdte en zijn, in het geval van radiotelefonie, van een matige kwaliteit. De voor deze radiotelefonie beschikbare frequentieband is ontoereikend, hetgeen uitbreiding van deze voorziening belemmert. Met behulp van een nieuwe techniek die cellulair netwerk heet is echter een meervoudig gebruik van de UHF-kanalen mogelijk. Dit zal een aanzienlijke verbetering in de kwaliteit van de mobiele communicatie tot gevolg hebben en de capaciteit van het netwerk verhogen.

Satellieten zouden gebruikt kunnen worden om die gebieden van Europa te voorzien die niet zijn aangesloten op een aards net, en ook om de verschillen tussen de diverse nationale systemen te overbruggen door als interfaces te werken. Ook zouden ze kunnen relayeren tussen netwerken die voor geheel nieuwe voorzieningen bestemd zijn, zoals paging op Europese schaal, berichtenverzending en diverse vormen van datatransmissie. In het kader van het PROSAT programma heeft ESA een demonstratiecampagne op touw gezet met een proefdienst waarbij een MARECS-A satelliet een aantal kleine stations, die in allerlei soorten vervoermiddelen zijn geïnstalleerd, betrokken zijn. Eén soort experimenten zal gericht zijn op voorzieningen die alleen datatransmission behelzen. Er zal gebruik van gemaakt kunnen worden met terminals van zeer geringe afmetingen (G/T typisch van -24 dB/K). Voor de andere soort zal een zwaarder type terminal nodig zijn (G/T van -10 dB/K), die in kleine schepen en verkeersvliegtuigen geinstalleerd kan worden maar die zowel data als telefonie (mits voorzien van vocoder-apparatuur) kan verwerken.

ESA heeft opdracht gegeven tot verschillende marktonderzoeken om de omvang van de vraag naar nieuwe voorzieningen op het gebied van land- en luchtmobiele communicatie te peilen. De resultaten daarvan zijn slechts ten dele al beschikbaar; ze wijzen desondanks al in de richting van zeer goede vooruitzichten. Eén onderzoek heeft bijvoorbeeld in de wegtransportsector de wens bestudeerd van vervoersondernemingen om met hun vrachtwagens te communiceren wanneer deze onderweg zijn op de internationale routes. Er zijn momenteel zo'n zeven miljoen van zulke vrachtwagens, waarvan gemiddeld zo'n 20% doorlopend ingezet wordt voor het lange-afstandsvervoer; deze studie wijst uit dat het aantal voor dit specifieke doel gewenste terminals rond 1995 de 100.000 kan bereiken. Een andere studie voorspelt dat het aantal particuliere autobezitters die op en neer reizen tussen verschillende gebieden in hun land of tussen verschillende landen, en die geïnteresseerd zijn in de ontvangst van berichten of paging oproepen waar ze ook zijn, rond 1995 de 1,5 miljoen zal hebben bereikt. Dit zou overeenkomen met een verkoopvolume dat de 1000 MECU overschrijdt.

In de maritieme sector kan het probleem niet tot het Europese gebied beperkt worden, hoewel veel schepen de rivieren en kustwateren natuurlijk nooit verlaten. Op wereldschaal is het schepenbestand momenteel naar schatting 100.000 commerciële schepen en 5 miljoen privéjachten. Vele daarvan zijn potentiële gebruikers van satellietvoorzieningen zoals eenvoudige berichtenverzending of telefoon voor hen die zich meer kunnen veroorloven dan de eenvoudigste terminal. In dit geval kan het totale potentiële verkoopvolume voor kleine en middelgrote terminals in de komende 10 jaar geraamd worden op aanzienlijk meer dan 1000 MECU.

Voor wat betreft de traditionele INMARSAT voorzieningen is het aantal gebruikers dat beschikt over Standard-A terminals of vergelijkbare apparatuur momenteel groter dan 3700. Met de komst van de vanaf 1989 beschikbare Standard-B zal dit aantal gebruikers waarschijnlijk tot 10.000 gestegen zijn rond 1995, hetgeen staat voor een verkoopvolume van 50 à 100 MECU. Tot nu toe heeft de Europese industrie in de markt voor scheepsterminals slechts een aandeel van een bescheiden 15% gehad. Wanneer deze situatie verbeterd moet worden, is het noodzakelijk voor de Europese industrie om zich zo spoedig mogelijk daarop in te stellen en een geschikte strategie op te stellen. Het voorspelde verkoopvolume maakt die inspanningen zeker de moeite waard.

CONCURRENTIEPOSITIE VAN DE EUROPESE INDUSTRIE

De ervaring die de ESA heeft met het aanschaffen van grondstations voor de ondersteuning van eigen telecommunicatiesatellietprogramma's heeft duidelijk geleerd dat de prijs en de prestaties van de Europese ontwerpen niet kunnen concurreren met die van de Verenigde Staten en zeker niet met die van Japan. De door de Europese industrie aangeboden ontwerpen weerspiegelen zeer vaak de beperkte eisen van een eerder nationale dan Europese markt, en ook zijn er vaak vitale onderdelen van niet-Europese makelij in verwerkt. De ruisarme versterker in

de meeste grondstations zou bijvoorbeeld van het Field-Effect-Transistor (FET) type zijn, dat gebaseerd is op GaAs technologie. Deze techniek vormt het vrijwel uitsluitende domein van de Amerikaanse en Japanse industrie. Ook Phase-locked-loop (PLL) oscillators, neerwaartse en opwaartse konverters, solid-state versterkers en buisversterkers zijn in veel gevallen van buiten Europa afkomstig. En zelfs als dit niet het geval is, zijn de samenstellende onderdelen voor een groot deel niet-Europees.

Omdat Europese fabrikanten hun grondstations maken van onderdelen die hun concurrenten leveren, zijn hun producten noodzakelijkerwijs duurder en hun levertermijnen langer. Bovendien maakt het feit dat ze aangewezen zijn op relatief kleine productieseries hun positie alleen nog maar nadeliger.

Wat de prestaties betreft zijn de op de wereldmarkt beschikbare onderdelen niet altijd van het nieuwste type, aangezien de fabrikanten ervan deze in de eerste plaats voor de thuismarkt reserveren. De Europese samensteller verkeert daardoor altijd in een nadelige positie waar het prestatieniveau betreft dat hij zijn klanten kan bieden. Het resultaat van al deze factoren is veelal een duur product dat verouderde buitenlandse onderdelen bevat.

Twee manieren om de situatie te verbeteren dienen overwogen te worden:

- Uitbreiding van de thuismarkt, waardoor het productievermogen vergroot wordt en de kosten gedrukt worden;
- Opzetten van meer productiemogelijkheden voor geavanceerde technologie binnen Europa, waardoor de prestatiemogelijkheden verbeterd worden ten opzichte van de concurrentie van buitenaf.

In de huidige situatie worden de meeste voorzieningen op het gebied van de telecommunicatie getroffen door nationale instellingen, die elk verantwoordelijk zijn voor een klein aandeel van de totale Europese markt, die elk hun eigen normen en regels hanteren, en waarvan er velen speciale relaties onderhouden met nationale bedrijven. Deze gang van zaken heeft geleid tot een versplintering in vele kleine markten, die door kunstmatige grenzen van elkaar gescheiden zijn.

Het moge duidelijk zijn dat het verwijderen van die grenzen een enorme stimulans voor de Europese industrie zou opleveren, vooropgesteld natuurlijk dat het bestaan van wijd uiteenlopende normen zou worden tegengegaan. Een grote thuismarkt en gemeenschappelijke specificaties zouden het de industrie gemakkelijker maken om zichzelf tot een grotere productie aan te zetten en om haar ontwikkelingskosten effectiever te spreiden. Deze benadering zou in gelijke mate voordelig zijn voor de eisen die gespecialiseerde grondstations stellen, en voor het grootste deel van de particuliere en semi-particuliere apparatuur.Eerdere pogingen om tot de aanname van zulke standaards te komen zijn al ondernomen via internationale commissies met nationale afgevaardigden. De resultaten die dergelijke commissies boeken komen altijd traag tot stand en zijn meestal van een teleurstellend gehalte. Een werkelijk Europees functionerende autoriteit met de macht om normen te stellen en in sommige gevallen op Europees niveau afspraken te maken zou aanzienlijk efficiënter komen tot een gezonde thuismarkt.

Ook de onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten op het gebied van de telecommunicatie zijn versnipperd tussen de Europese naties. Bezoeken aan de diverse onderzoekslaboratoria hebben uitgewezen dat relatief geringe sommen geld worden besteed aan onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten, projecten die vrijwel onmogelijk de grondslag kunnen vormen voor de toekomstige productiebehoefte op Europees niveau. Een internationale organisatie voor onderzoek en ontwikkeling op telecommunicatiegebied zou over voldoende gelden en deskundigheid kunnen beschikken om enige vooruitgang van betekenis te boeken op het terrein van telecommunicatie en grondstationtechnologie.Zo'n organisatie zou eveneens de steun aan de industrie kunnen kanaliseren die nodig is voor het opzetten van productiemogelijkheden voor geavanceerde technologie. Dit zou de industrie wat meer financiële armslag geven bij de ontwikkeling van nieuwe ontwerpen en eveneens een veel beter overzicht geven van de totale ontwikkelingsactiviteiten, waardoor de huidige versplinterde en overboding dubbele nationale activiteiten vermeden kunnen worden.

De bovenstaande ideeën hebben een tamelijk radicaal karakter maar ze lijken de enige kansen te bieden op verbetering van de concurrentiepositie van de Europese industrie op de markt voor grondstations en aanverwante telecommunicatie. Eén ding moet duidelijk zijn; voortzetting van de huidige gang van zaken zal onvermijdelijk leiden tot verder verlies van zakelijke perspectieven voor Europese bedrijven, niet alleen op de wereldmarkt, maar ook - en nog belangrijker - op de Europese markt, waar producten van eigen bodem de eerste plaats zouden behoren in te nemen.

CONCLUSIES

Het aandeel dat de Europese stationfabrikanten van de door INTELSAT en INMARSAT gecreëerde markten bezetten, is teleurstellend, vooral voor wat betreft laatstgenoemde systeem, waarvoor zij slechts zeer weinig kuststations en maar 15% van de huidige 3700 terminals hebben geleverd.

TABEL 2
OVERZICHT VAN DE GRONDSTATIONMARKT-PROGNOSE VOOR EUROPA (1985-1995)

SOORT APPLICATIE	SOORT STATION	FREQUENTIE BANDEN (GHz)	ANTENNA DIAMETER (m)	POTENTIËLE MARKT (eenheden)	MARKT-PRIJZEN (kECU)	MARKT-VOLUME (MECU)
1. VASTE SATELLIET VERBINDINGEN						
1.1 Internationaal telefoonverkeer	Grote poortstations voor EUTELSAT en INTELSAT	6/4 14/11	15-30	tot 20	3000-6000	100
1.2 Internationale uitwisseling van TV programma's (EUROVISION)	Grote stations voor EUTELSAT	14/11	10-15	verwaarl.		
1.3 Distributie van TV programma's	Voedingsstations	14	8	tot 50	1000	50
	Aleen-ontvangststations voor CAIN netwerken en zendstations	11, 12	3-6	tot 20 000	10	200
	Alleen-ontvangststations voor GAIN installations	11, 12	3	tot 200 000	5	1 000
1.4 Zakelijke voorzieningen	Zend/ontvangststations voor netwerkgerichte voorzieningen	14/12	3-5	tot 500	300-600	150
	Zend/ontvangststations voor gebruikergerichte voorzieningen	14/12	1.5-3	tot 1 000	100	100
1.5 Distributie van informatie aan besloten groepen	Voedingsstations	14	1-3	verwaarl.		
	Alleen-ontvangststations	11, 12	0.2-2	tot 100 000	3	300
1.6 Documentverzending	Voedingsstations	14	3-5	verwaarl.		
	Alleen-ontvangststations	12	1-3	tot 10 000	5-10	100
2. SATELLIET OMROEP						
Hoog-vermogen directe uitzendingen	Voedingsstations	18	3-5	tot 50	200-400	15
	Alleen-ontvangststations voor CAIN en GAIN	12	1.2-3	tot 100 000	10	1 000
	Individuele ontvangers	12	0.3-0.9	tot 10 miljoen	0.5-2	10 000
3. MOBIELE SATELLIET VERBINDINGEN						
3.1 Internationale telephonie/ telex (INMARSAT)	Kuststations	6/4	10-15	verwaarl.		
	Standaard A/B scheepsstations	1.6/1.5	0.8-1.2	5 000	20	100
3.2 Data- en berichtentransmissie	Kleine terminals voor alle soorten voertuigen	1.6/1.5	0.3	tot 1.5 miljoen	1-2	2 000
3.3 Data- en stemtransmissie	Compacte terminals voor kleine vaartuigen en vliegtuigen	1.6/1.5	0.5-0.8	tot 100 000	5-10	1 000

Momenteel blijkt dat de eerste door EUTELSAT geschapen, markt voor grote poortstations en televisieverkeer grotendeels in handen valt van de Japanse industrie. Europa mag dan een onafhankelijke status hebben bereikt in de bouw en lancering van communicatiesatellieten, het is nog lang niet onafhankelijk waar het het gebruik ervan betreft.

Het scheppen van een ruimte-infrastructuur voor telecommunicatiesystemen in Europa is geen op zichzelf staand doel; het is slechts het begin van een lange economische kettingreactie waarin de cumulatieve en exponentiële effecten aanzienlijk zijn (zoals Fig. 1 suggereert). Deze publicatie heeft getracht de omvang te kwantificeren van de markt die in de eerste ring van Fig. 1 is aangegeven, namelijk het grondsegment, voor wat betreft de diverse soorten toepassingen waarvoor satellieten worden of zullen worden gebruikt. De resultaten van deze schatting zijn samengevat in Tabel 2.

De laatste kolom van deze tabel toont aan dat het marktvolume op bepaalde terreinen zeer groot zou kunnen zijn, vooral wat televisieuitzendingen en distributie, en mobiele communicatie betreft. Op alle andere terreinen is dit volume aanzienlijk hoewel niet opmerkelijk. Behalve in het geval van de uitzending en distributie van TV-programma's, waar de kans op het halen van deze cijfers groot is, is de vraag of de andere markten zich naar verwachting zullen ontwikkelen of niet zeer afhankelijk van de creatie van een gunstiger klimaat op het gebied van telecommunicatiebeleid en wetgeving op Europees niveau. In elk geval zijn de op het spel staande belangen groot genoeg om meer aandacht van de Europese beleidsbepalers en industrieleiders te verdienen.

REFERENTIES

1. Chaplin J. 1985
   Developments in low-power satellite transponder leasing for TV distribution
   ESA contribution to the Mass Media Steering Committee of the Council of Europe, June 1985.

2. CIT Research 1985
   Cable TV Communications in Western Europe 1984

3. Chaplin J.G., Fromm H.-H., Monti G., Mussino F. 1983
   Satellite broadcast reception : the FM approach to signal distribution in individual and community antenna systems
   EBU Review - Technical, No 202, December 1983

Voordracht gehouden tijdens de 327e werkvergadering.

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(335ste werkvergadering)
AFDELING VOOR REGELTECHNIEK VAN HET KIvI
IEEE BENELUX SECTIE

ROBOTICA

- dinsdag 17 september 1985
- aanvang 9.30 uur
- THT, gebouw "De Vrijhof"
- Enschede

AFDELING VOOR REGELTECHNIEK

De ETSV Scintilla organiseert ter gelegenheid van haar 4e lustrum in samenwerking met het NERG, IEEE sectie Benelux en de Afd. voor Regeltechniek dit symposium.

TOELICHTING

Tijdens het symposium wordt een overzicht gegeven van de stand van zaken in de robotica. Tevens zal worden ingegaan (voordracht van Ir. J. C. Schlösser, toegelicht met film) op de maatschappelijke kanten van de geleidelijke invoering van robots in produktieprocessen.

PROGRAMMA:

09.30 uur:	Ontvangst en koffie.
10.00 uur:	**PROF. IR. H. P. STAL**, (THE, Eindhoven); INLEIDING: ROBOTS EN ROBOTICA.
10.45 uur:	Koffiepauze.
11.15 uur:	**DR. IR. P. P. L. REGTIEN**, (THD, Delft); SENSOREN VOOR ROBOTS.
12.00 uur:	**IR. Z. HOUKES**, (THT, Enschede); ROBOTVISION.
12.40 uur:	Lunchpauze.
14.00 uur:	**DRS. F. TUYNMAN**, (Universiteit van Amsterdam); HOGERE NIVEAU TALEN VOOR ROBOTS.
14.45 uur:	Robotfilm
15.15 uur:	Theepauze.
15.45 uur:	**IR. J. C. SCHLÖSSER**, (Volvo Car Produktie B.V., Born); INVOERING VAN ROBOTS IN DE PRAKTIJK.
16.30 uur:	Sluiting.

BIJZONDERHEDEN
Aanmelding voor dit symposium dient te geschieden vóór 10 september a.s. door inzending van de aangehechte kaart, **gefrankeerd**, met een postzegel van **50 cent**, onder gelijktijdige overmaking van de verschuldigde kosten (*f* 15,00 of *f* 30,00) op postrekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam onder vermelding van "Robotica" (de overschrijving dient vóór 10 september a.s. binnen te zijn). De lunchkosten bedragen *f* 15,00 per deelnemer. Deelname is voor leden van NERG, IEEE gratis en bedraagt *f* 15,00 voor andere deelnemers.
Nadere inlichtingen kunnen ingewonnen worden bij ETSV Scintilla tel. 053 - 892810.

Namens de samenwerkende verenigingen,
DR. IR. A. J. VINCK, NERG.
Tel. 040-473672

Eindhoven, augustus 1985.

ULTRASONE AFBEELDINGSTECHNIEKEN.

Drs. M.Stapper
Afdeling Elektrotechniek, Technische Hogeschool Eindhoven.

Ultrasound Imaging Techniques. First, a short survey is given about the different ultrasound imaging techniques used in medicine. Then, an experimental set-up for ultrasound transmission tomography is described. In transmission tomography pictures are made by sending sound pulses through the object to be imaged and then measuring the time of flight of the pulse between the sending and receiving transducer. In those pictures the local sound velocity will be the contrast producing parameter. It is shown that transmission tomography may be developed into a clinical useful and simple imaging device.

ULTRASONE AFBEELDINGSTECHNIEKEN, ALGEMEEN.

In de afgelopen twintig jaar heeft het gebruik van ultrageluid in de geneeskunde een zeer grote vlucht genomen. Onder ultrageluid verstaan we, in dit verband, akoestische signalen met een frequentie tussen 1 en 10 MHz. Ultrageluid wordt aangewend, ofwel in de vorm van een continu sinusvormig signaal, ofwel in de vorm van pulsen met een lengte van 2 tot 6 perioden van de grondfrequentie en een min of meer Gaussische omhullende (Fig. 1).

Ultrageluid vindt in de geneeskunde toepassingen zowel op therapeutisch als op diagnostisch gebied. Wat betreft het therapeutisch gebruik kan hier worden genoemd het binnenin een lichaamsdeel produceren van warmte door absorptie van continue geluidsgolven van relatief hoge intensiteit (1 - 5 W/cm2). In dit artikel zal op deze toepassing niet verder worden ingegaan.

Wat betreft het diagnostisch gebruik zijn er in eerste instantie twee deeltoepassingen:

1. het meten van de bloedstroomsnelheid in een bloedvat door gebruik te maken van het Doppler-effect. Men vergelijkt hierbij de gemiddelde frequentie van het door de bloedlichaampjes teruggescatterde geluid met die van het ingestraalde geluid. Men kan bij deze meting gebruik maken zowel van continu als van gepulst geluid. Ook op deze toepassing zal hier niet verder worden ingegaan.
2. Het maken van afbeeldingen van lichaamsdelen. Hierbij kan men de voor de afbeelding noodzakelijke informatie verwerven, hetzij door het opvangen van echo's vanuit het lichaamsdeel, hetzij door het registreren van veranderingen welke het geluidsignaal ondergaat, als het dwars door het lichaamsdeel heengaat. Op de afbeeldingstechnieken zal in dit artikel nader ingegaan worden.

Bij het maken van afbeeldingen wordt gebruik gemaakt van gepulst ultrageluid met een lage gemiddelde intensiteit (1 - 10 mW/cm2). Alle op dit ogenblik in de geneeskunde gebruikte afbeeldingstechnieken berusten op het echo-principe.

Met behulp van een piëzo-electrische transducent worden ultrasone pulsen opgewekt en het af te beelden lichaamsdeel ingezonden. Dit gebeurt met regelmatige tijdsintervallen in de orde-grootte van 1 ms. In de tussenruimte tussen twee opvolgende pulsen wordt de transducent gebruikt als een ontvanger, die de echo's afkomstig van de overgangen tussen de diverse lichaamsweefsels opvangt. Deze opgevangen echo's worden versterkt, dan gelijkgericht en laagdoorlaat gefilterd; de echo's worden dus gedemoduleerd van het hoogfrequente draaggolfsignaal. Vaak is de versterking van de ontvangen echo's tijdsafhankelijk. Echo's, die laat in het luistertijdvak binnenkomen, zijn afkomstig van relatief ver weg gelegen structuren en dientengevolge meer gedempt door absorptie onderweg dan echo's, die vroeg in het luistertijdvak binnenkomen en afkomstig zijn van relatief dichtbij gelegen structuren. Daarom laat men in echo-apparatuur bestemd voor het afbeelden van diepgelegen organen de versterkingsfactor van de ontvangstversterker gedurende het luistertijdvak geleidelijk oplopen om te compenseren voor de steeds zwakker wordende echo's.

Na versterking en demodulatie worden de ontvangen echo's verwerkt tot een afbeelding. Deze afbeelding pleegt te verschijnen op het scherm van een oscilloscoop. Een mogelijkheid van afbeelden is de zogenaamde A-mode (Amplitude- mode). Hiertoe wordt de tijdbasis van de oscilloscoop getriggerd door de zendpuls en de ontvangen echo's worden toegevoerd aan de y-ingang. Zodoende ontstaat een beeld bestaande uit een horizontale lijn met verticale uitsteeksels ter plaatse van de echo's (Fig. 2). Men kan in dit beeld metingen doen omtrent de onderlinge positie van structuren in het lichaam: immers, de geluidsnelheid in het lichaam is

bekend en redelijk homogeen (uitgezonderd in bot). De A-mode vindt toepassing in de oogheelkunde (meten van de positie van bijv. lens en netvlies) en bij het bepalen van de positie van het verticale tussenschot tussen de grote hersenen (verschuift door druk van bijv. een tumor of een bloeding).

In de B-mode (Brightness-mode) wordt het terugontvangen signaal in Z-modulatie aan de oscilloscoop toegevoerd. Zodoende ontstaat een beeld, bestaande uit een horizontale lijn met heldere vlekken ter plaatse van de echo's.

In deze B-mode kan men nu tweedimensionale afbeeldingen maken van het inwendige van een patient. In principe gaat dit aldus, dat men de geluidsbundel in één vlak door de patient beweegt en de basislijn van de oscilloscoop in dezelfde zin over het scherm laat meebewegen. Men tast hierbij dus een vlak in de patient af en spreekt dan ook van B-scan. In oudere B-scanners gebeurt dit scannen met de hand door rotatie en translatie van de transducent. Via bewegingsopnemers wordt de plaats en de richting van de geluidsbundel doorgegeven aan de besturingselektronica van een geheugenscoop, op wiens scherm dan geleidelijk een beeld in helderheidsmodulatie wordt opgebouwd. Dit scannen gaat relatief langzaam en men kan er derhalve slechts afbeeldingen mee maken van niet-bewegende structuren.

Voor het afbeelden van bewegende structuren (hart, kind in baarmoeder bijv.) past men tegenwoordig de techniek van de real time scan toe. Een van de hierbij toegepaste methoden is de sectorscan. De transducent is bevestigd op een ronddraaiend wieltje en doet het beeld ontstaan op een wijze die geheel analoog is aan de wijze waarop dit bij een radarbeeld gebeurt. De beeldherhalingsfrequentie is ong. 25 beelden per seconde en er wordt, in tegenstelling tot een radarbeeld, slechts een sector afgebeeld met een tophoek van 90 à 100 graden (Fig. 3).

Een andere methode van real time scan is de lineaire scan. Hierbij maakt men gebruik van een lineair array van smalle, rechthoekige transducer-elementen. Door achtereenvolgens elk van de elementen van dit array een puls te doen uitzenden, beweegt de geluidsbundel dus evenwijdig aan zichzelf door de patient en ontstaat een rechthoekig beeld. Ook hier kan een herhalingsfrequentie van 25 beelden/sec worden bereikt (Fig. 4).

Elk van beide typen real time scanners heeft in de geneeskunde een eigen toepassingsgebied gevonden. De sectorscanner is, door het feit dat de geluidsbundel een van één punt uitgaande zwaaibeweging maakt, zeer geschikt om door de opening tussen twee ribben door naar het hart te kijken. De lineaire scan wordt veelvuldig in de verloskunde gebruikt om metingen te doen aan nog ongeboren kinderen in de baarmoeder en zo hun groei te observeren.

Door hun ingewikkelde constructie (zowel elektronisch als mechanisch) zijn real time scanners zeer kostbare apparaten. Dit staat grootschalige inzet van deze apparaten in de geneeskunde in de weg. Er bestaat dan ook behoefte aan eenvoudiger, en daarmee goedkopere, ultrasone afbeeldingsmethoden. Hierbij zou men eraan kunnen denken het echoprincipe los te laten en te gaan afbeelden via transmissie van geluid. Men zendt het geluid aan een kant van het af te beelden lichaamsdeel uit en vangt het aan de andere kant weer op. Hiertoe zijn dan twee transducenten nodig, in het vervolg de zender en de ontvanger genoemd.

Op het gebied van transmissietechnieken wordt nog slechts weinig onderzoek gedaan en commercieel verkrijgbare afbeeldingsapparatuur volgens dit principe bestaat nog niet. Onze vakgroep (Medische Elektrotechniek Technische Hogeschool Eindhoven) is een van de groepen waar onderzoek plaats vindt naar dit vervaardigen van afbeeldingen door transmissie. Het vervolg van dit artikel zal handelen over dit onderzoek, genaamd ultrasone tomografie. In de ultrasone tomografie maakt men afbeeldingen, waarbij de locale geluidssnelheid de contrastbepalende grootheid is.

ULTRASONE TRANSMISSIE-TOMOGRAFIE.

Het principe van de ultrasone tomografie is als volgt:

De zender en de ontvanger staan loodrecht tegenover elkaar met het af te beelden object tussen hen in. De zender zendt een ultrasone puls uit en, nadat deze puls door de ontvanger is ontvangen, wordt de tijd gemeten die verlopen is tussen het moment van zenden en het moment van ontvangen. Deze tijd is een directe maat voor de gemiddelde geluidssnelheid tussen de transducers. Men verplaatst nu beide transducers in een richting loodrecht op hun verbindingslijn en herhaalt de meting. Zo wordt een lineaire scan gemaakt langs het object en verkrijgt men een verzameling gemeten looptijden: een projectie van het object. De looptijden in deze projectie zijn uiteraard onderling verschillend, aangezien de diverse structuren in het object ieder hun eigen, specifieke geluidssnelheid hebben. Men maakt nu een aantal van deze projecties, onder een aantal verschillende hoeken, door telkens het platform, waarop zich de zender en de ontvanger bevinden, ten opzichte van het object over een bepaalde hoek te draaien. In totaal draait het platform, in equidistante stappen, over een boog van 180 graden.

Na afloop van al deze metingen heeft men een tweedimensionale verzameling looptijden verkregen. Uit deze

verzameling is dan de verdeling van de locale geluidsnelheid in het object te berekenen met behulp van een mathematische techniek, die in de literatuur bekend staat als "filtered back projection". Het is een techniek die ook toegepast wordt in de Röntgen CT-scan en de NMR-afbeeldingstechniek (NMR = Nuclear Magnetic Resonance).

Dit is het principe van de ultrasone tomografie. In de practische uitvoering wordt het belangrijkste aspect ervan gevormd door het meten van de looptijd. In onze opstelling wordt de looptijd gemeten door middel van het rondzingprincipe. De ontvanger is teruggekoppeld naar de zender, zodat telkens een nieuwe puls wordt uitgezonden, zodra de vorige is ontvangen. Op deze wijze worden voortdurend pulsen uitgezonden op regelmatige tijdsintervallen, die volledig door de te meten looptijd worden bepaald. Het is nu nog slechts nodig de frequentie van dit rondzingen te bepalen en dit kan op eenvoudige en nauwkeurige wijze met een teller gebeuren.

Er is echter een probleem. Elke stoorpuls, die door de ontvanger wordt waargenomen, zal ook gaan rondzingen, met het gevolg dat de gemeten frequentie geleidelijk steeds hoger zal worden. Om dit te voorkómen is een "tijdvenster" ingebouwd, dat, direct na het doorgeven van een ontvangen puls, de verbinding tussen ontvanger en zender verbreekt gedurende een tijd die iets korter is dan de te verwachten looptijd. Op deze manier doven stoorpulsen steeds direct uit.

In practijk blijkt het gebruik van het "tijdvenster" inderdaad te leiden tot een volledig stabiele rondzingfrequentie die met eenvoudige elektronica nauwkeurig is te meten (Fig. 9).

In onze meetopstelling staan de zender en de ontvanger op een onderlinge afstand van 15 cm. Dit leidt tot een rondzingfrequentie van ongeveer 10 kHz, die digitaal wordt gemeten met een nauwkeurigheid van 0,01%. De verkregen digitale frequentiewaarden worden ingelezen door een microcomputer (Apple II) en opgeslagen op floppy disc. Nadat de gehele meting is voltooid, voert deze zelfde microcomputer de beeldreconstructie uit. De berekende locale geluidsnelheden worden weer opgeslagen op floppy disc en kunnen worden gepresenteerd op een beeldscherm of op een printer. De bewegingen van zender en ontvanger, alsook de rotatie van het platform worden uitgevoerd met stappenmotoren, die door de microcomputer worden aangestuurd. Op deze wijze is een volledig automatische meting verkregen, waarbij zowel de besturing van de meetopstelling, als de acquisitie, opslag en verwerking van de data gebeurt door een microcomputer, ondersteund door een eenvoudige elektronische schakeling voor het meten van de frequentie (Fig. 10).

Met de hierboven beschreven meetopstelling zijn tot nu toe metingen gedaan aan geïsoleerde dierenorganen, verkregen van het slachthuis, zoals varkensharten en -nieren. Ook zijn metingen gedaan aan een fantoom. Dit fantoom bestaat uit een cylinder van agar-agar (diam. 5 cm), waarin cylindrische holten zijn uitgespaard. In deze holten passen staafjes, gemaakt van agar-agar, waaraan propanol is toegevoegd om de geluidsnelheid te veranderen. Het verband tussen geluidsnelheid en propanolconcentratie is goed bekend uit de literatuur, zodat met dit fantoom quantitatieve metingen kunnen worden gedaan.

Fig. 5 toont een reconstructie van het fantoom. Het smalste staafje dat (in doorsnede) zichtbaar is, heeft een diameter van 2 mm. Fig. 6 en 7 tonen beelden van een varkenshart, waarin de hartholten duidelijk zichtbaar zijn. Fig. 8 is een afbeelding van een varkensnier.

Op het ogenblik wordt gewerkt aan een uitbreiding van de opstelling, in die zin dat, behalve de locale geluidsnelheid, ook de locale absorptiecoefficient wordt gemeten. Alle weefsels absorberen geluid, elk weefsel met zijn eigen specifieke absorptiecoefficient. In alle weefsels echter blijkt de absorptiecoefficient min of meer evenredig met de geluidsfrequentie toe te nemen. Hierdoor worden de hoge frequentiecomponenten van de geluidspuls sterker gedempt dan de lage. De gemiddelde frequentie van de puls zal bij de ontvanger dan ook lager zijn dan bij de zender. Deze gemiddelde frequentie kan met een nulpuntenteller worden gemeten. En via hetzelfde reconstructie-algoritme, dat gebruikt wordt voor het berekenen van de locale geluidsnelheid, kan nu tevens de locale absorptiecoefficient worden berekend. Dit geeft extra informatie aan de afbeelding en maakt het mogelijk bepaalde soorten weefsel (bijv. kankerweefsel) te herkennen aan een voor dit weefsel specifieke combinatie van deze twee grootheden. Experimenten hebben reeds aangetoond, dat deze extra meting met een eenvoudige uitbreiding van de bestaande opstelling mogelijk is.

CONCLUSIE.

Concluderend kan worden opgemerkt, dat met de in ons laboratorium vervaardigde meetopstelling is aangetoond, dat het mogelijk is om, via ultrasone tomografie, met gebruikmaking van slechts een microcomputer en eenvoudige elektronica, nauwkeurige afbeeldingen te maken van lichaamsdelen binnen een redelijke tijd. De methode heeft als nadelen:

1. de zender en de ontvanger moeten aan weerszijden van het af te beelden object staan, hetgeen beperkingen oplegt aan de toepassingsmogelijkheden.
2. het is (nog) niet mogelijk, middels deze techniek, real time afbeeldingen te maken.

Als voordelen zijn te noemen:

1. de methode is instrumenteel eenvoudig en goedkoop.
2. hij is bruikbaar voor herkenning van bepaalde weefsels (tumoren, bijv.).

Het uiteindelijke doel van ons onderzoek is dan ook om, vanuit de bestaande opstelling, te komen tot een klinisch bruikbaar en commercieel produceerbaar afbeeldingsapparaat. Als toepassingsgebieden wordt dan gedacht aan de diagnostiek van borstkanker bij vrouwen en de diagnostiek van bottumoren in de ledematen. Hiermee zal dan een waardevolle aanvulling op het pakket ultrasone afbeeldingstechnieken in de geneeskunde zijn verkregen.

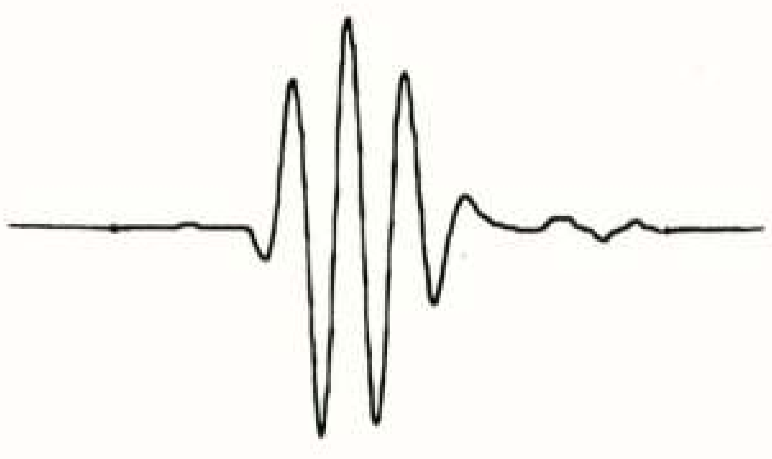


Fig. 1. Een ultrasone puls.

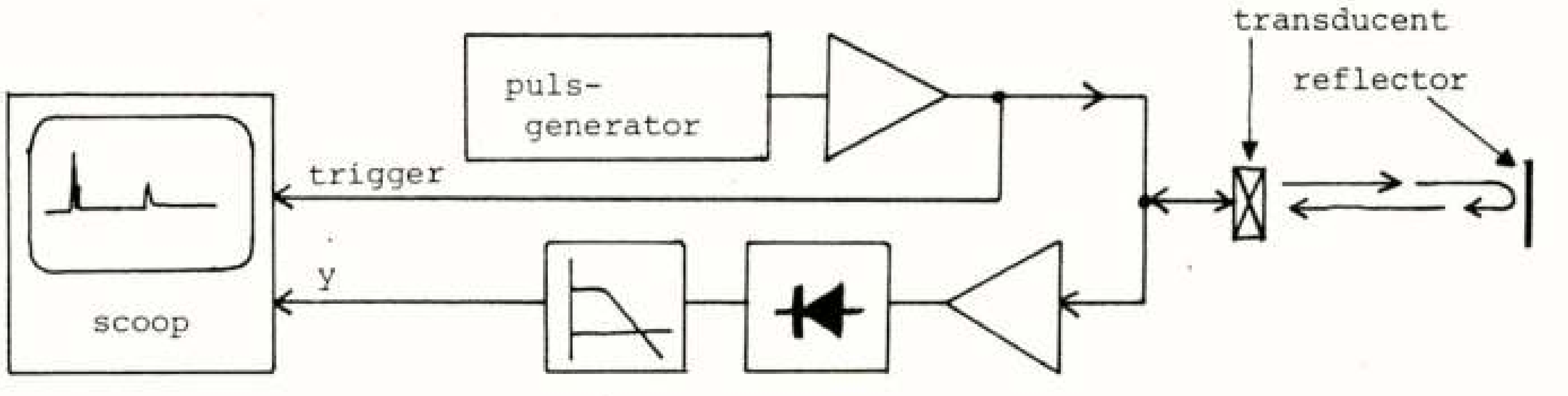


Fig. 2. Afbeelden in de A-mode.

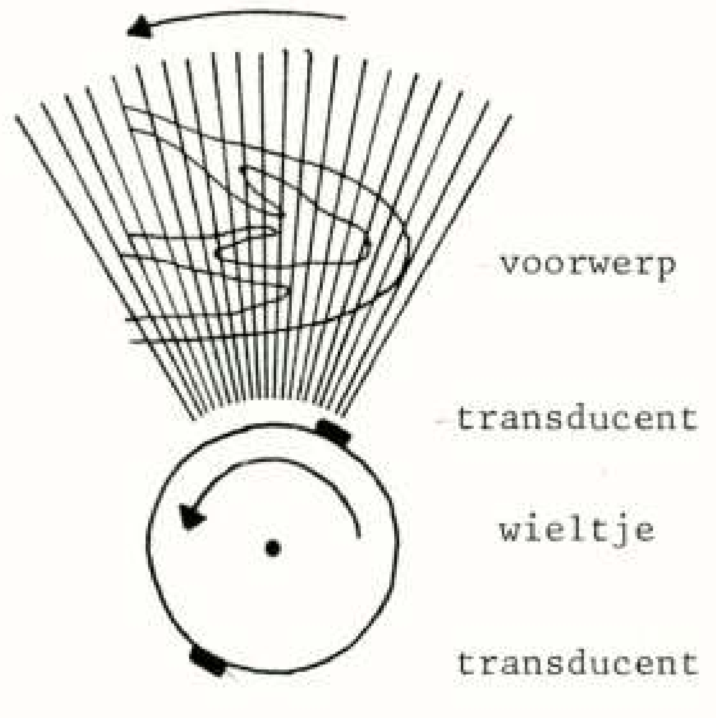


Fig. 3. Het principe van de sector scan.



Fig. 4. Het principe van de lineaire scan.

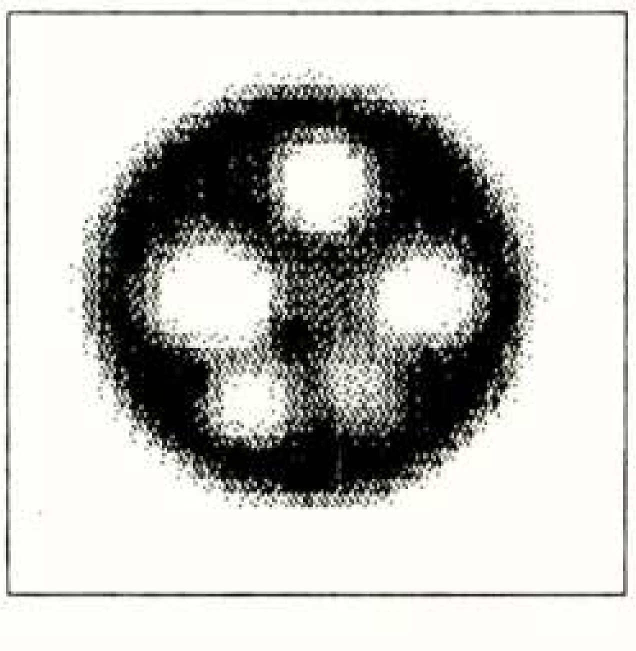


Fig. 5. Het fantoom.

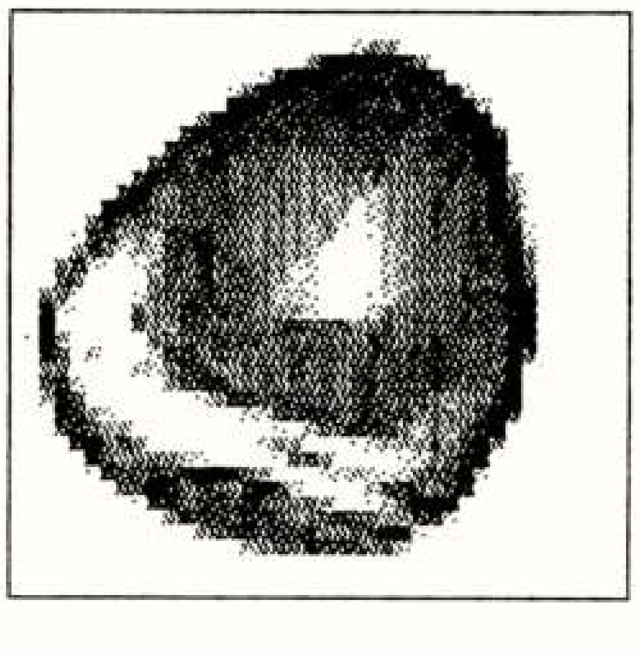


Fig. 6. Hart van een varken.

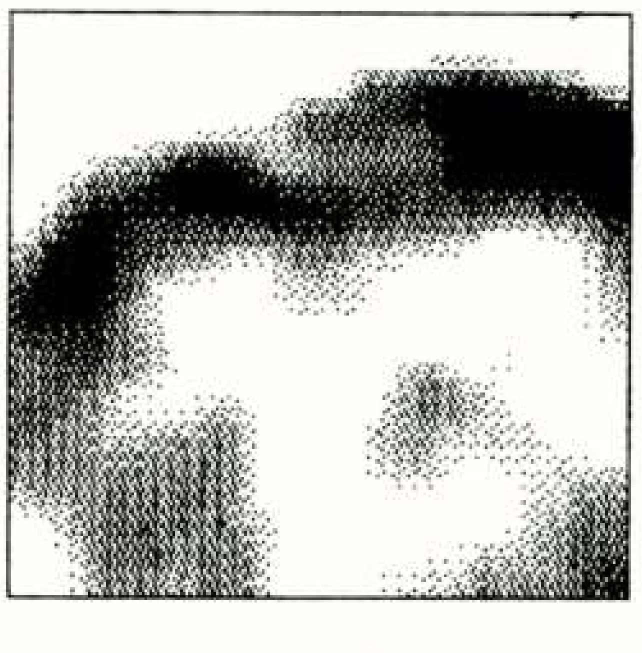


Fig. 7. Detailopname van een varkenshart.

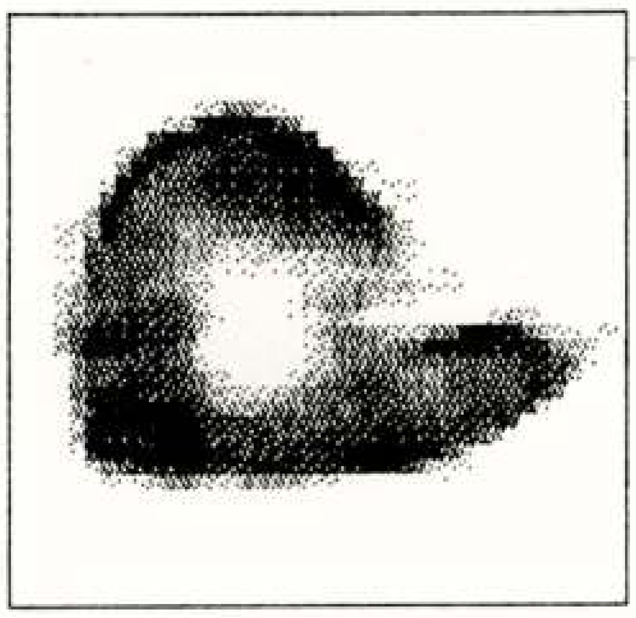
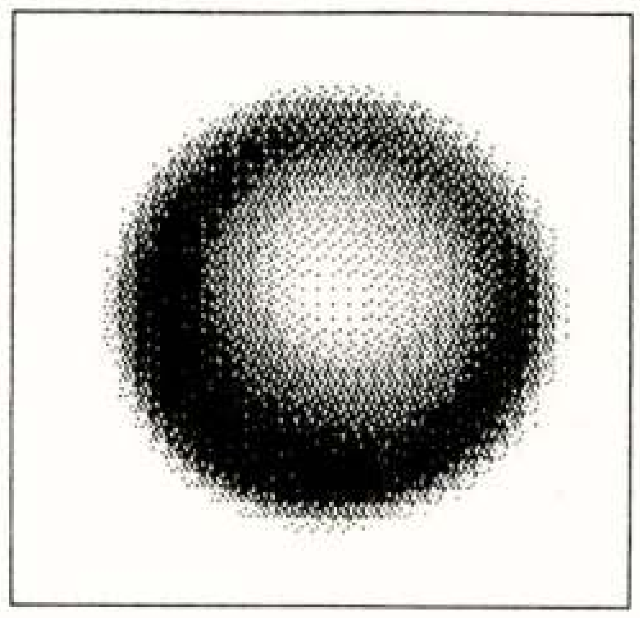
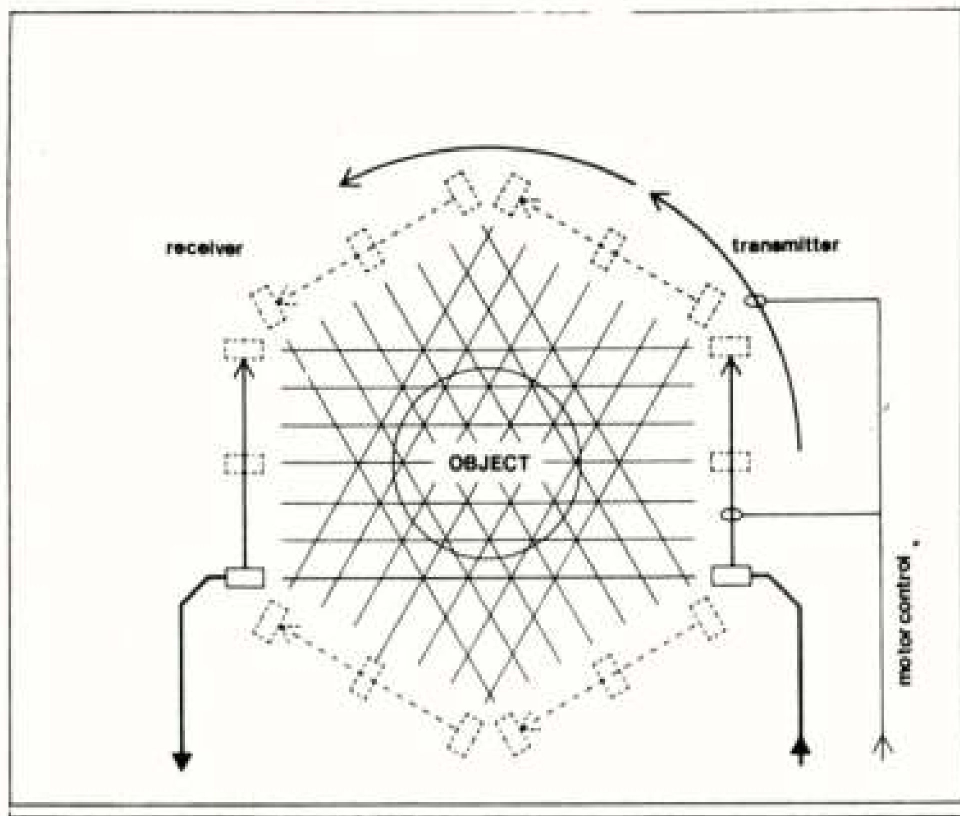
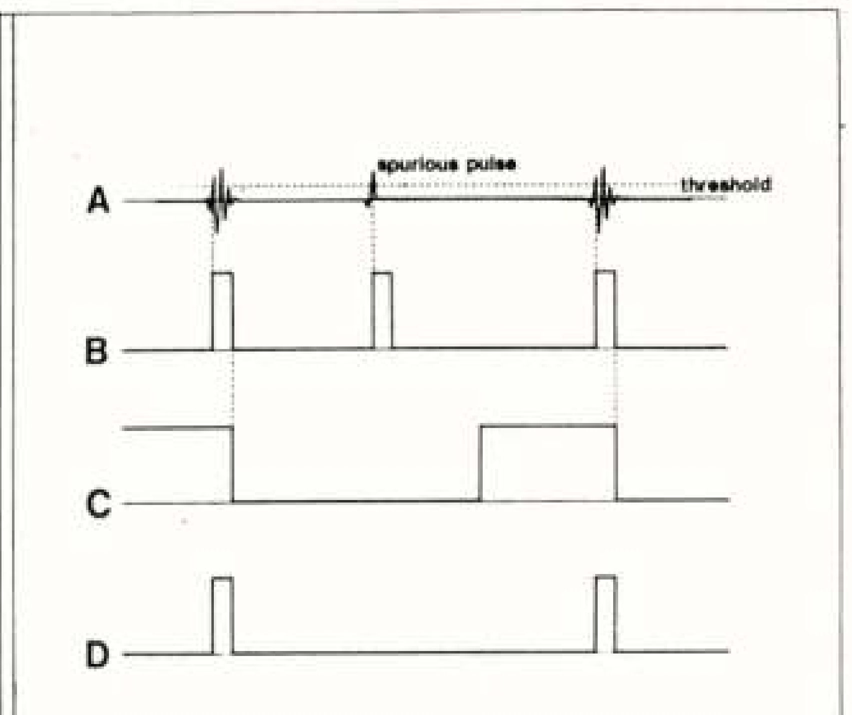


Fig. 8. Nier van een varken.



Een ei.





Werking van het tijdvenster.

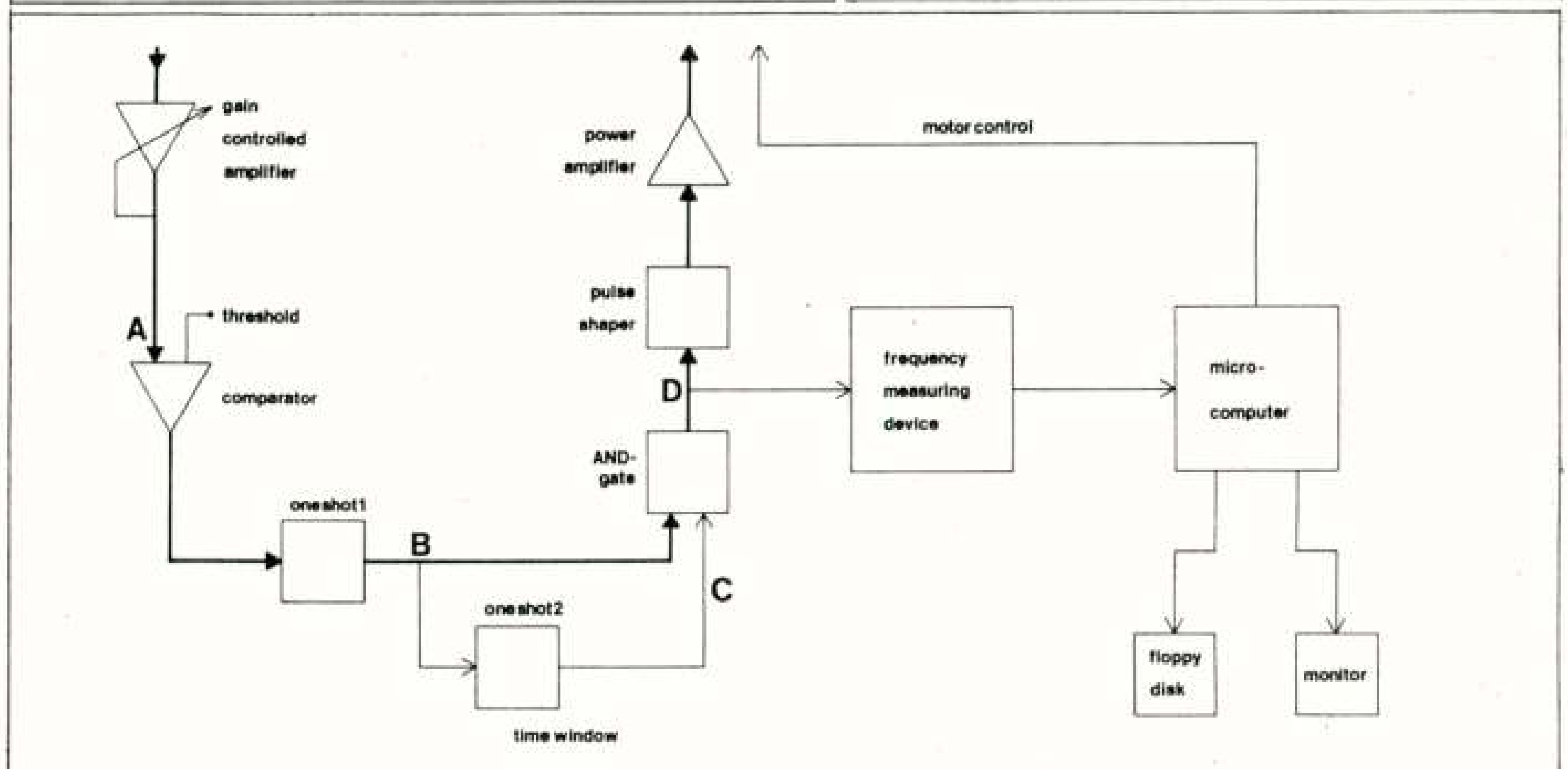


Fig. 9. Schema van de opstelling.

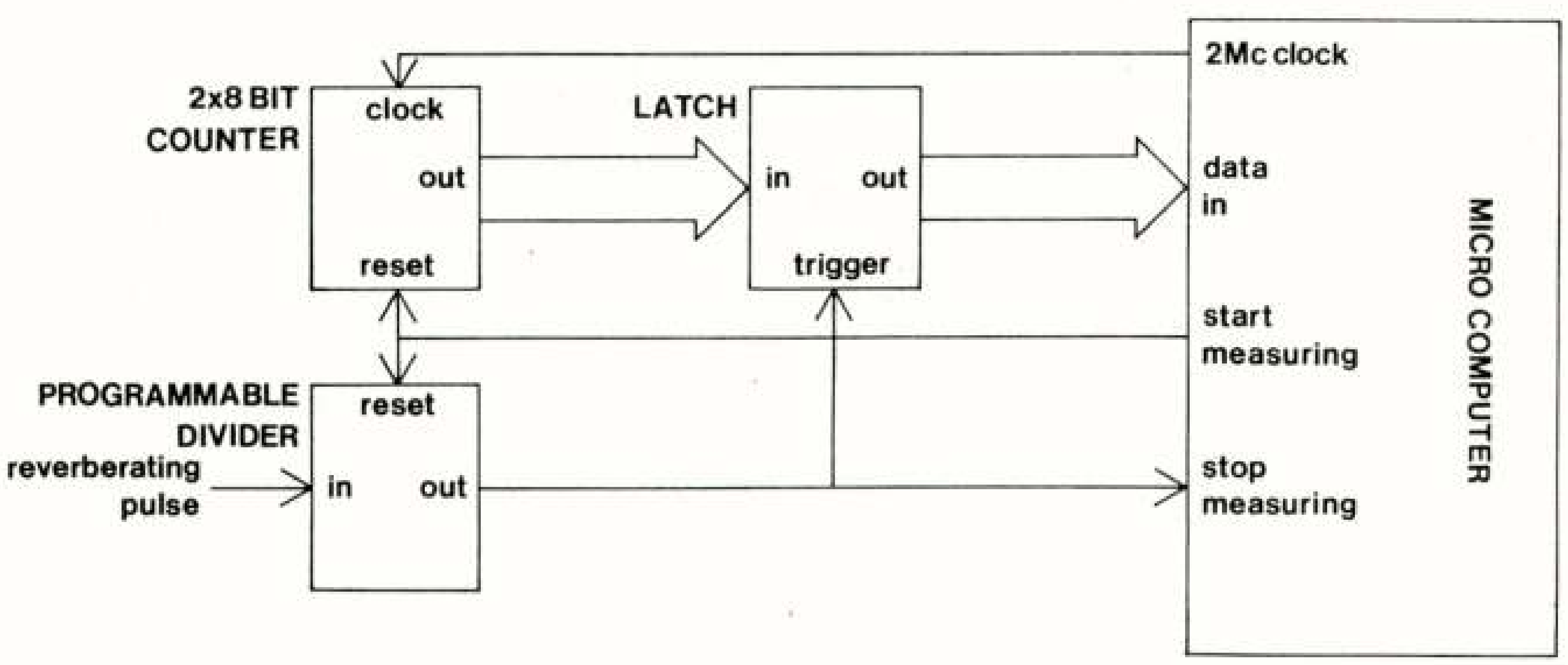


Fig. 10. De frequentie-meting.

Voordracht gehouden tijdens de 336e werkvergadering.

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(336ste werkvergadering)
SECTIE TELECOMMUNICATIETECHNIEK VAN HET KIvI
IEEE BENELUX SECTIE

UITNODIGING

voor de lezingen op **3 oktober 1985** in de **Middenzaal van RAI gebouw** te **Amsterdam.**
De bijeenkomst vindt plaats tijdens de tentoonstelling "Het Instrument".
's-Middags is er gelegenheid om de tentoonstelling te bezoeken.



DRS. M. STAPPER



DR. IR. A. HOEKS

PROGRAMMA:

9.30 uur: Ontvangst en koffie.

10.00 uur: **DRS. M. STAPPER**, (Vakgroep Medische Elektrotechniek, Technische Hogeschool Eindhoven);
ULTRASONE MEETTECHNIEKEN.

10.45 uur: Koffiepauze.

11.15 uur: **DR. IR. A. HOEKS, ING. C.J. RUISSEN**, (Vakgroep Bio-fysica, Rijks Universiteit, Maastricht);
TOEPASSINGEN VAN ULTRA GELUID IN DE GENEESKUNDE.

12.00 uur: **IR. J. A. M. GRAAFMANS**, (Biomedische en Gezondheidstechniek, Technische Hogeschool Eindhoven);
WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS IN DE BIOMEDISCHE TECHNIEK.

12.30 uur: Lunch aangeboden door "Het Instrument".
Na de lunch bezoek aan de Tentoonstelling "Het Instrument".

Aanmelding dient te geschieden door inzending van de aangehechte kaart, **gefrankeerd** met een postzegel van **50 cent**, bij verzending binnen Nederland.

De deelnemers dienen zelf een toegangsbewijs aan de kassa te kopen.

Een Instrumentengids wordt gratis verstrekt.

Namens de samenwerkende verenigingen,
DR. IR. A. J. VINCK, NERG.
Tel. 040 - 473672

Eindhoven, augustus 1985.

TOEPASSING VAN ULTRAGELUID IN DE GENEESKUNDE

Dr. Ir. A.P.G. Hoeks, Ing. C.J. Ruissen
Capaciteitsgroep Biofysica, Rijksuniversiteit Limburg, Maastricht

Clinical applications of diagnostic ultrasound (frequency 1-10 MHz) are the localisation of anatomical (echo-system) en hemodynamic (Doppler-systems) anomalies. Until recently the development of echo- and Doppler systems was quite distinct, but in the past years both systems became more and more integrated. Especially for cardiac applications but also for the evaluation of the peripheral and fetal circulation a combined echo-Dopplersystem facilitates the diagnostic procedure. The echo-system supports the evidence as assessed with the Doppler-system and conversely.

The technical progress in diagnostic ultrasound equipment is remarkably. Dopplersystems started off with the relative simple CW-systems, where ultrasound is emitted (and received) continuously. The technically more advanced pulsed Doppler systems allow the assessment of Dopplersignals originating from a specific site along the ultrasound beam. Multi-channel pulsed Doppler systems enable the assessment of the time-dependent velocity-distribution along a single line of sight. With two-dimensional (2D-) Doppler systems this feature is extended to a number of lines. The assessed 2D-flow map is superimposed on the real-time 2D-echo image, facilitating the localisation of hemodynamic disorders (Doppler) in relation to the anatomical structure (echo).

INLEIDING

Wanneer geluid zich door een medium voortplant, wordt het geabsorbeerd, gereflecteerd door overgangen van structuren met verschillende akoestische impedantie en verstrooid door deeltjes met afmetingen kleiner dan de golflengte van het geluid (indien de deeltjes een andere akoestische impedantie hebben dan het medium waarin ze zich bevinden). De akoestische impedantie Z van een medium wordt gegeven door

$$Z = \rho v \tag{1}$$

waarin ρ de soortelijke massa en v de geluidssnelheid. In het menselijk lichaam ligt de geluidssnelheid in de orde van 1550 m/sec. en is afhankelijk van het type weefsel. Met een soortelijke massa van 10^3 kg/m^3 verkrijgt men dan een impedantie van $Z = 1.5 * 10^6$ kg/m^{2}s (Wells, 1969).

De breedte/dikte van een geluidsbundel is afhankelijk van de frequentie van het geluid. De minimale dikte (bij sterke focussering van de bundel) ligt in de orde van enkele golflengten. Om een hoge spatiële resolutie (een smalle bundel) te bereiken moet men dus geluid met een hoge frequentie gebruiken. Hieraan wordt echter een grens gesteld door de verzwakking van het geluid door het medium als gevolg van absorptie. Voor het menselijk lichaam ligt deze in de orde van 1 dB/cm/MHz (Wells, 1969). Een frequentie van 10 MHz geeft bij een meetdiepte van 2 cm dientengevolge een verzwakking in de orde van 40 dB, waarbij zowel de heen- als terugweg in beschouwing is genomen (totaal 40 mm). De combinatie van de efficiëntie van de transducent (doorgaans bestaande uit piëzo-ceramisch materiaal), gedeeltelijke reflectie optreedt (tenzij er sprake is van een weefsel-lucht-overgang) en de verzwakking draagt ertoe bij dat het gedetecteerde signaal afkomstig van dieper gelegen structuur-overgangen in de orde van het ruisniveau van de ontvanger komt te liggen. Men kan natuurlijk het uitgezonden vermogen opvoeren. Dit stuit echter op praktische en medisch-ethische problemen. Een hoog uitgezonden vermogen leidt tot een onaanvaardbare warmte-ontwikkeling in de probe. Daarnaast kan een hoge geluidsintensiteit mogelijkerwijze schade veroorzaken in het weefsel. Men heeft daarom een limiet gesteld aan het vermogen per doorstraald oppervlak (100 mW/cm^2) voor het gebruik van geluid voor diagnostische toepassingen. Als gevolg van bovenstaande overwegingen wordt in de klinische diagnostiek geluid gebruikt met een frequentie van 2-6 MHz voor dieper gelegen structuren (zoals het hart) en 5-10 MHz voor oppervlakkig gelegen structuren (zoals de halsslagader). Bij deze frequenties is een resolutie mogelijk in de orde van 5 mm (voor lagere emissiefrequenties) tot 1 mm (voor de hogere emissiefrequenties). Dit slaat dan op de laterale (breedte-)resolutie van het systeem (Bamber, 1977). De axiale resolutie is afhankelijk van de duur van het uitgezonden ultrageluidburst. Deze wordt bepaald door de duur van de emissie in combinatie met de bandbreedte van de transducent en de bandbreedte van de ontvanger/detector. Door speciale maatregelen is het mogelijk de bandbreedte van de transducent te vergroten. Men kan daarom axiale resoluties

bereiken die een factor 2 tot 5 beter zijn dan de laterale resolutie. Hierbij is uitgegaan van detectie van het gereflecteerde ultrageluid, waarbij overgangen die ruimtelijk b.v. 1 mm van elkaar liggen op basis van de afgelegde weg tweemaal zo ver van elkaar liggen.

Deeltjes, zoals rode bloedcellen, die klein zijn ten opzichte van de golflengte van het gebruikte ultrageluid verstrooien het geluid in alle richtingen (Angelsen, 1980; Shung, 1976). Als gevolg hiervan zal het verstrooide geluid dat opgevangen wordt door de ontvanger doorgaans een zeer geringe intensiteit hebben. Het signaal afkomstig van bloed heeft daarom een amplitude die een factor 100 (40 dB) kleiner is dan de amplitude afkomstig van structuren (zoals vaatwanden). Dit stelt specifieke eisen aan het dynamisch bereik van ultrageluidsystemen, die gericht zijn op de detectie van de bloedsnelheid (Wells, 1985).

ECHO-SYSTEMEN

Echo-systemen zenden een korte ultrageluidspuls (duur minder dan 1 μsec) waarna dezelfde transducent de gereflecteerde echo's ontvangt. De looptijd tussen emissie en echo geeft dan de diepte (op basis van de geluidssnelheid in het medium) waarop de reflector zich bevindt. Het terugontvangen signaal wordt tijd-/diepte-afhankelijk versterkt om te compenseren voor de toenemende verzwakking van het geluid, naarmate de reflector zich verder van de transducent bevindt. Door de geluidsbundel bij opeenvolgende emissies in verschillende richtingen te sturen kan een 2D-beeld opgebouwd worden waarbij de amplitude van de echo's door middel van intensiteitsmodulatie op een scherm worden weergegeven. Voor dieper gelegen structuren is de looptijd groter en zal de pulsrepetitiefrequentie (PRF) van het systeem lager moeten liggen. Op basis van een geluidssnelheid van 1500 m/sec zal een maximale diepte van 15 cm een maximale PRF van 5 kHz toelaten. Indien een beeld wordt opgebouwd uit 200 lijnen dan is voor deze diepte een beeldherhalingsfrequentie van 25 Hz mogelijk. Men kan dus in real-time de plaats van structuurovergangen weergeven.

De sturing van de geluidsbundel is zowel op mechanische als op electronische wijze te realiseren. Bij de mechanische scanners wordt dit bereikt door de transducent te roteren dan wel door het gebruik van een beweegbare akoestische spiegel. In de electronische scanners is sturing mogelijk door verschillende transducenten achtereenvolgens aan te sturen (zoals bij lineair array systemen waar de probe is opgebouwd uit een groot aantal naast elkaar liggende transducenten), dan wel de faserelatie tussen de aanstuursignalen van verschillende transducent-elementen te variëren. Dit laatste gebeurt in een zogenaamde phased array waar de probe is opgebouwd uit een groot aantal elementen met een breedte die aanzienlijk kleiner is dan de golflengte. Alle elementen dragen bij tot het zenden en de ontvangst van het ultrageluid. Bij de ontvangst moeten de ontvangen signalen eveneens in fase verschoven worden om te compenseren voor het verschil in weglengte voor een gegeven richting van de geluidsbundel. Met name dit laatste is verantwoordelijk voor de complexiteit en de relatief hoge prijs van phased array systemen.

DOPPLERSYSTEMEN

1. CW-systemen.

Bij CW-Doppler systemen wordt het geluid continu (continuous wave: CW) door een transducent uitgezonden en opgevangen door een tweede transducent. Als gevolg hiervan heeft een CW-Dopplersysteem geen axiale/diepteresolutie. Het gevoelige gebied wordt bepaald door de plaats waar de zend- en ontvangstbundel elkaar overlappen, hetgeen afhankelijk is van de montage van de transducenten.

Wanneer een akoestische reflector beweegt ten opzichte van een zender/ontvanger dan zal deze een frequentie-verschuiving f_D (Doppler-verschuiving) induceren, die gegeven wordt door:

$$f_D = 2f_e(v\cos\alpha)/c \qquad (2)$$

waarin f_e de emissiefrequenite, c de geluidssnelheid en α de hoek tussen de geluidsbundel en de bewegingsrichting van de reflector. Voor een gegeven snelheid is de Dopplerfrequentie f_D dus maximaal indien de bewegingsrichting en de geluidsbundel samenvallen. De Dopplerfrequentie ligt in het audiogebied. Men kan dus op basis van het audiogeluid bepalen of men te maken heeft met hoge/lage snelheden. Indien de bloedsnelheden in het gevoelige gebied van het CW-Dopplersysteem verschillende snelheden/richtingen hebben, dan verkrijgt men een verdeling van Dopplerfrequenties die de geobserveerde snelheidsverdeling reflecteert (Arts, 1972).

Om het Dopplersignaal te verkrijgen wordt het ontvangen signaal gedemoduleerd met de emisiefrequentie (zie fig. 1). Deze demodulatie wordt uitgevoerd met twee referentiesignalen die 90° in fase ten opzichte van elkaar zijn verschoven. De outputs van de demodulatoren zijn dan eveneens 90° in fase verschoven. Het teken van

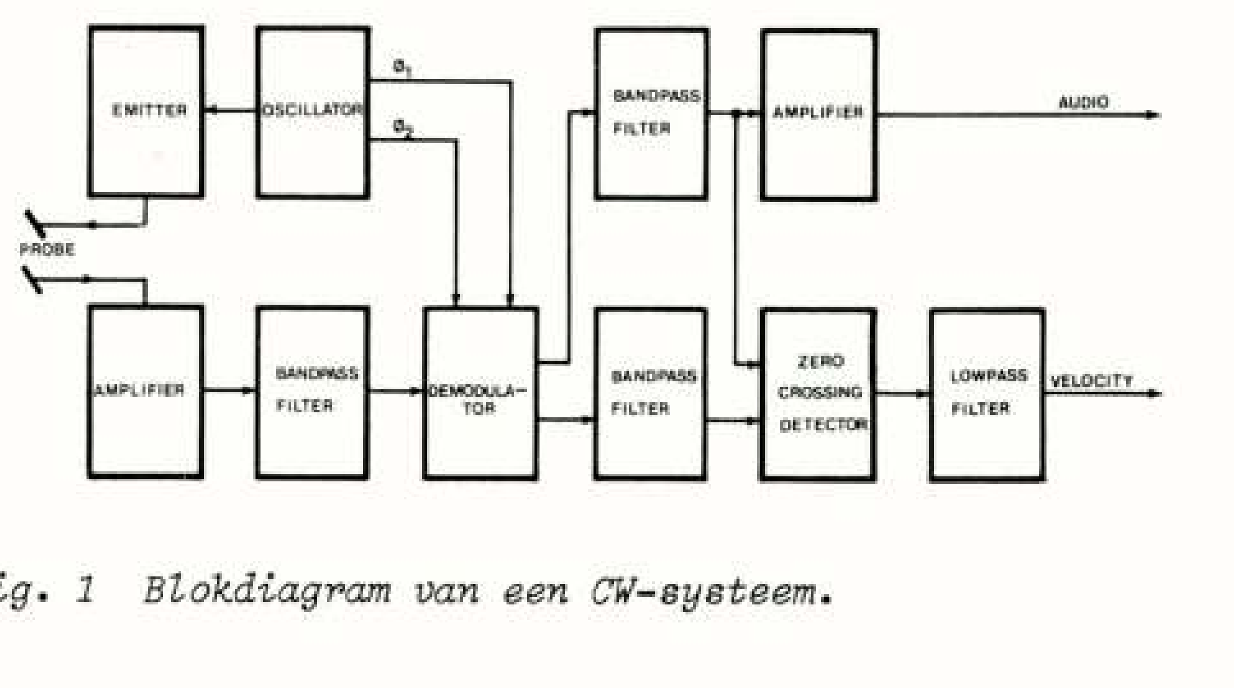


fig. 1 Blokdiagram van een CW-systeem.

de fase geeft de richting van de geobserveerde bloedstroom. Het gedemoduleerde signaal bevat informatie van zowel de bewegende bloeddeeltjes als de niet bewegende structuren. Deze laatste hebben een relatief hoge amplitude die de Dopplerinformatie maskeren. Daarom wordt een hoogdoorlaatfilter toegepast om de DC-component en lage Dopplerfrequenties te verwijderen. Onderdrukking van ruis vindt plaats zowel door middel van een bandfilter in de ontvanger als een laagdoorlaatfilter na de demodulator.

Bepaling van de gemiddelde Dopplerfrequentie (gemiddelde bloedsnelheid) wordt doorgaans uitgevoerd met een nulpuntenteller (zero crossing detector: ZCD): het aantal nulpunten per tijdseenheid is een schatting voor de gemiddelde snelheid (Angelsen, 1983).

Met behulp van frequentie-analyse (b.v. op basis van FFT) kan men de frequentiesamenstelling van het Dopplersignaal nagaan. Men krijgt dan een beter beeld van het karakter van de bloedstroom en eventuele artefacten (b.v. zowel een slagader als ader in de geluidsbundel) worden eerder erkend.

2. Gepulste systemen

Een nadeel van een CW-Dopplersysteem is, dat deze geen informatie geeft over de diepte waarvan het Dopplersignaal afkomstig is. Diepteresolutie is wel mogelijk indien het ultrageluid gepulst wordt uitgezonden. In dat geval kan één transducent zowel voor zenden als ontvangen worden gebruikt. Evenals bij CW-Dopplersystemen wordt het terugontvangen signaal gedemoduleerd op basis van 2 referentiesignalen die 90° in fase verschoven zijn. De demodulator (zie fig. 2) wordt gevolgd door een laagdoorlaatfilter met een responsietijd die gelijk is aan de duur van emissie. Na een geselecteerde vertraging ten opzichte van het moment van emissie wordt het uitgangssignaal van de demodulator opgeslagen in een sample/hold schakeling. Dit betekent dat het Dopplersignaal, afkomstig van een geselecteerde diepte, wordt bemonsterd met de pulsrepetitiefrequentie (PRF). Het bandfilter na de demodulator verwijdert de lage Dopplerfrequenties en de gevolgen van het bemonsteren. De afsnijfrequentie aan de hoge kant wordt dan gedikteerd door de PRF. De verdere verwerking is overeenkomstig met die van CW-apparatuur.

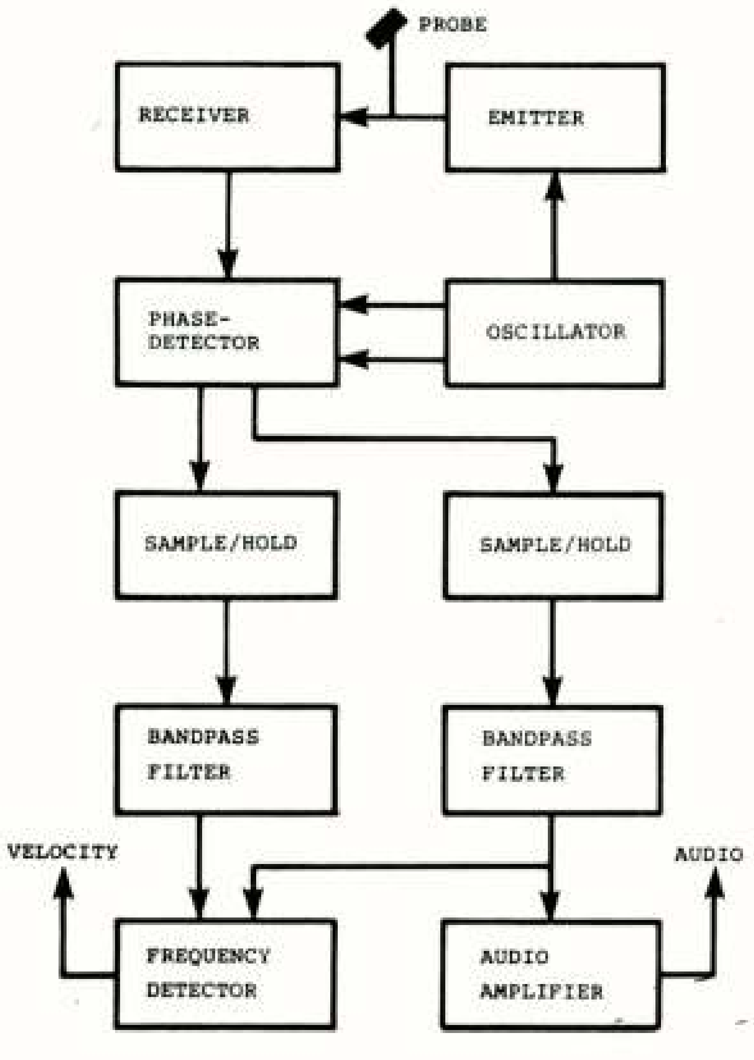


fig. 2 Blokdiagram van een gepulst Dopplersysteem.

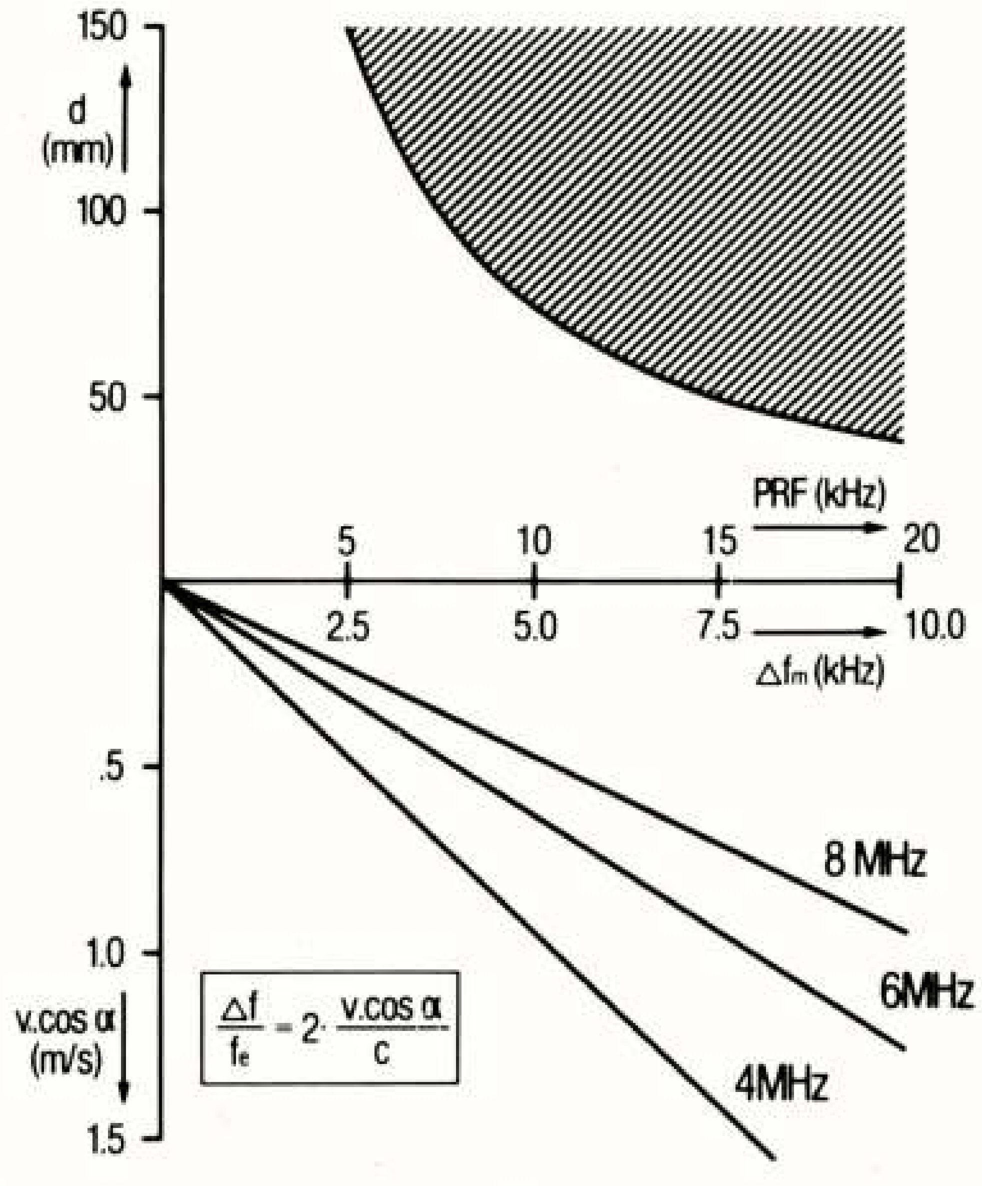


fig. 3 Relatie tussen meetdiepte d, maximale PRF (en dientengevolge maximale Dopplerfrequentie Δf_m) en maximaal meetbare bloedsnelheid voor een emissiefrequentie van 4, 6 en 8 MHz.

Gepulste Dopplersystemen bieden het voordeel dat bloedsnelheden op een gegeven diepte kunnen worden gemeten. Bovendien worden artefacten ten gevolge van b.v. vaatwanden en dichtbij gelegen aders onderdrukt, indien het meetvolume (Hoeks, 1984) voldoende klein is (afhankelijk van bundelbreedte en emissieduur) en juist gepositioneerd is. Een nadeel is dat de maximale Dopplerfrequentie en dus de maximale bloedsnelheid gelimiteerd wordt door de PRF (Bom, 1984). De relatie tussen meetdiepte, PRF, emissiefrequentie en maximale snelheid is in figuur 3 is weergegeven. Naarmate de meetdiepte groter is moet de PRF (en dus de maximale Dopplerfrequentie) lager zijn. In combinatie met de gebruikte emissiefrequentie geeft dit de maximaal te meten bloedsnelheid. Een praktische toevalligheid is dat een grotere meetdiepte niet alleen een lagere PRF (vanwege looptijd) eist, maar ook een lagere emissiefrequentie (vanwege de frequentieafhankelijke verzwakking). In de praktijk betekent dit dat de maximale snelheid voor alle gepulste Dopplersystemen in de orde ligt van 1 m/sec. Dit is voldoende voor normale bloedsnelheden maar de bloedsnelheid in en na stenoses (vernauwingen) in bloedvaten en hartkleppen kunnen aanzienlijk (tot 5 a 6 m/s) hoger zijn. Wil men toch deze snelheden meten dan zal men de diepteresolutie moeten opofferen aan het frequentiebereik (CW-Doppler).

3. Multikanaals gepulste Doppler systemen

Het stromingsgedrag na stenoses, op splitsingen van slagaders en in het hart is een zeer complex gebeuren (Ku, 1985; Reneman, 1985). Het vereist daarom nogal inzicht en ervaring om op basis van één meetvolume (zeker als de afmetingen hiervan klein zijn) conclusies te trekken. Dit is de reden dat in de afgelopen jaren multikanaals gepulste Doppler systemen zijn ontwikkeld. In principe kan men een dergelijk systeem realiseren door de demodulator (zie fig. 4) te laten volgen door

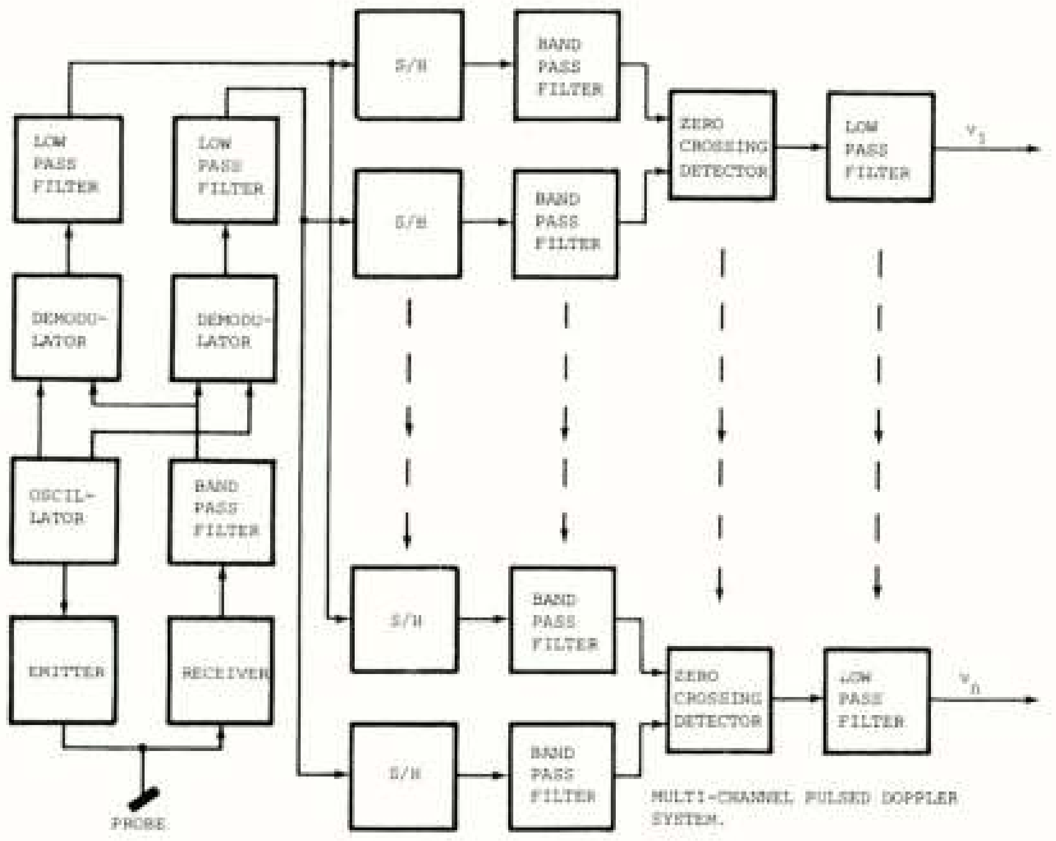


fig. 4 Multikanaals gepulst Doppler systeem met parallelle signaalverwerking.

een aantal sample/hold schakelingen, Dopplerfilters en nulpuntentellers. Bij ontvangst worden de sample en hold schakelingen achtereenvolgens geaktiveerd. Het systeem wordt op deze manier, zeker bij een groot aantal kanalen, zeer omvangrijk. Een alternatieve manier is om de uitgang van de demodulator te digitaliseren en het signaal door een digitaal circuit te laten verwerken. Indien de verwerkingssnelheid voldoende hoog is (de sample afstand van opeenvolgende meetvolumes is doorgaans minder dan 1 µsec), dan is het mogelijk om de hele signaalverwerking door een enkele schakeling op een seriële wijze te laten gebeuren. Het dynamisch bereik van de analoog/digitaal convertor moet minimaal 70 dB zijn. Gezien de vereiste conversiesnelheid is een dergelijke eis tamelijk zwaar.

In de afgelopen jaren is door de projectgroep Klinische Diagnostische Meetmethoden van de Rijksuniversiteit Limburg een multi-kanaals gepulst Doppler systeem op basis van seriële dataverwerking ontwikkeld (Hoeks, 1982; Hoeks, 1983). De belangrijkste parameters zijn: emissiefrequentie 6,1 MHz, PRF = 18 kHz, sample-afstand 0,5 mm, aantal kanalen 64, maximale snelheid 1,25 m/s. In fig. 5 is de snelheidsverdeling langs de ultrageluidsbundel op discrete tijdstippen weergegeven. Deze registratie is gemaakt na een vernauwing in de gemeenschappelijke halsslagader. Hieruit blijkt dat de snelheidsverdeling scheef is, terwijl de mate van scheefheid verandert gedurende de hartcyclus. In fig. 6 is op basis van dezelfde data de snelheid in de meetvolumes in de slagader (onderlinge afstand 0,5 mm) weergegeven. Ook

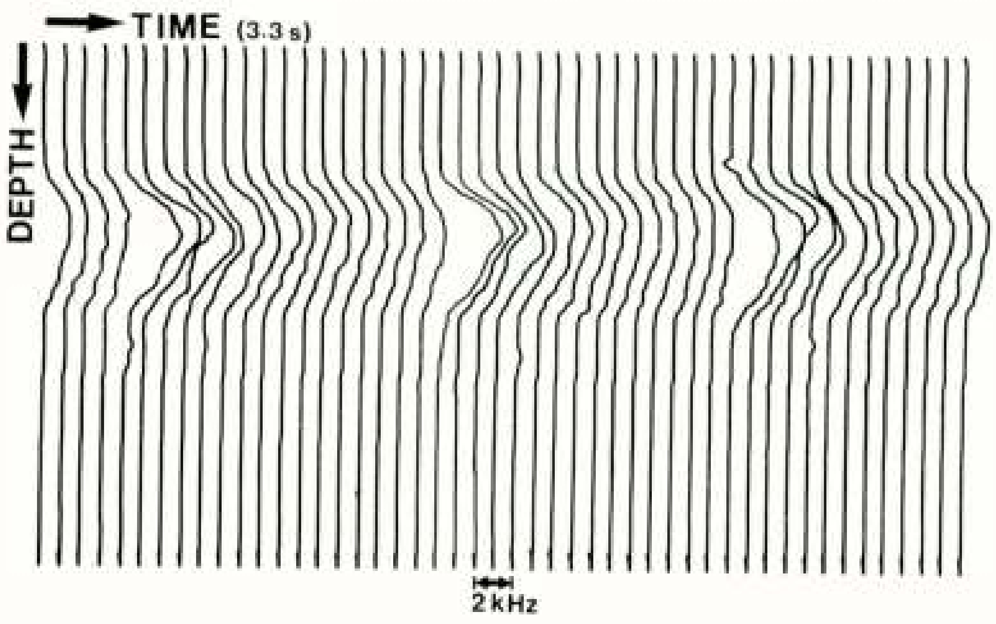


fig. 5 Het snelheidsprofiel, gemeten na een vernauwing in de gemeenschappelijke halsslagader.

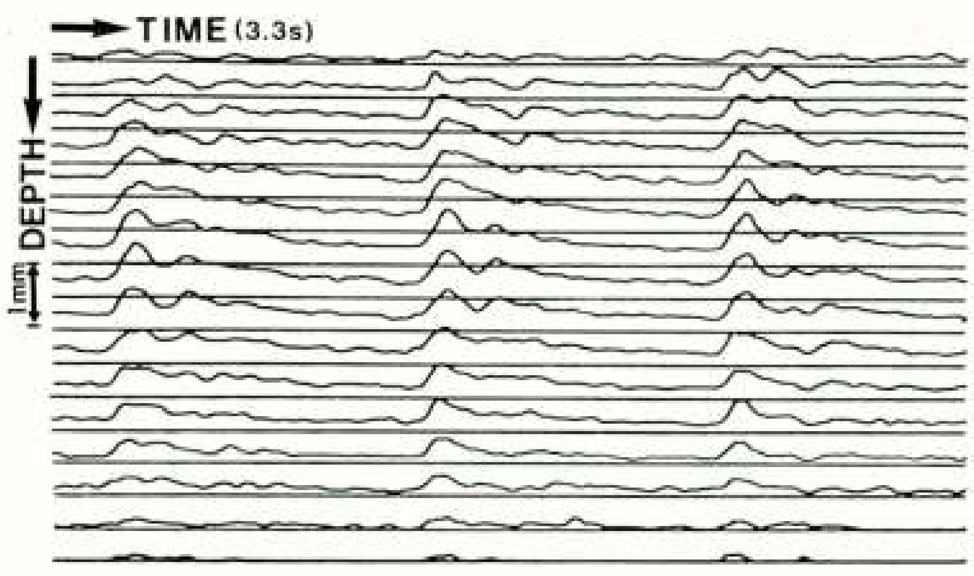


fig. 6 Het snelheidssignaal op verschillende plaatsen binnen de gemeenschappelijke halsslagader (op onderlinge afstand tussen de meetplaatsen 0,5 mm). Deze signalen zijn gebaseerd op dezelfde data als gebruikt in fig. 5.

uit deze presentatievorm blijkt de scheefheid van de snelheidsverdeling. Daarnaast blijkt in een aantal kanalen de snelheid een oscillerend karakter te krijgen, met name na het bereiken van de piekwaarde. Deze oscillaties zijn het gevolg van wervelingen, die na de vernauwing ontstaan. Om deze wervelingen op te pikken met een enkelkanaals systeem zou men alle mogelijke meetplaatsen moeten nagaan het geen een tijdrovende bezigheid is, zeker als men a priori niet weet of er wel wervelingen aanwezig zijn.

4. 2D-flow mapping

Met multikanaals gepulste Doppler systemen is het dus mogelijk om real-time de snelheidsverdeling langs de ultrageluidsbundel als functie van de tijd te bepalen. Daarbij wordt gestreefd naar een minimum in de variantie voor de schatter van de gemiddelde Dopplerfrequentie c.q. snelheid in ieder van de meetvolumes zonder dat dit ten koste gaat van de dynamische responsie. Men kan de responsietijd aanzienlijk verkorten indien men genoegen neemt met een grotere variantie. In dat geval houdt men tijd over om langs meerdere richtingen van de ultrageluidsbundel de snelheidsverdeling bepalen. Op dit principe (Kasai, 1985) zijn de twee-dimensionale Dopplersystemen gebaseerd. De presentatie vindt plaats door middel van kleurcodering (2D-flow mapping) gesuperpo-

neerd op het 2-dimensionale echobeeld (in zwart/wit gradaties). Daar voor de snelheidsbepaling een aantal malen (b.v. 16) in dezelfde richting een geluidpuls moet worden uitgezonden, gaat dit ten koste van het aantal lijnen per beeld c.q. het aantal beelden per seconde dat bij een gegeven diepte gehaald kan worden. In verband met de visualisatie van het tijdafhankelijk gedrag van het stromingsbeeld zal de beeldherhalings-frequentie niet lager mogen worden dan bijvoorbeeld 10. Het grote voordeel van een 2D-flow mapping systeem is dat localisatie van een hemodynamische afwijking (b.v. een gat in het tussenschot tussen de hartkamers, een lekkende klep) aanzienlijk eenvoudiger wordt (Kitabatake, 1985). Na lokalisatie kan men dan zich concentreren op het verdachte gebied door zich te beperken tot het zenden en ontvangen langs één lijn. Alleen in deze mode is het weer mogelijk om naar het Dopplergeluid van een bepaalde plaats te luisteren en de frequentiesamenstelling hiervan te analyseren.

TOEPASSINGEN

Zoals reeds eerder vermeld kunnen Dopplersystemen gebruikt worden bij het detecteren van hemodynamische verstoringen. De meest eenvoudige methode is gebaseerd op de toename van de snelheid in een vernauwing van een bloedvat in vergelijking met de snelheid ervoor of erna. Daarnaast zal een vernauwing het snelheidsprofiel over de dwarsdoorsnede veranderen met als gevolg een andere spectrale samenstelling van het Dopplergeluid. Deze verandering komt tot uiting in de breedte van het Dopplerspectrum (Blackshear, 1980; Merode, 1983). De mate van verbreding is echter afhankelijk van het type en de dimensionering van het Dopplersysteem. De afwezigheid van een Dopplersignaal, op een plaats waar deze normaal wel aanwezig is, duidt op de aanwezigheid van een afsluiting. Een tegennatuurlijke stromingsrichting is een aanwijzing van een ernstige vernauwing/afsluiting elders. Lekkende hartkleppen kunnen worden opgespoord op basis van de aanwezigheid van een Dopplersignaal in een fase, waarin deze normaal afwezig is (Hatle, 1984). Het drukverval over een vernauwing, met name in een van de hartkleppen, kan geschat worden met gebruikmaking van een simplificatie van de Bernouillivergelijking (Hatle, 1978; Hatle, 1984): het drukverval (in mmHg) is bij benadering gelijk aan 4 maal het kwadraat van de maximale snelheid (in m/sec).

Voor wat betreft de evaluatie van het temporele gedrag in de grotere perifere slagaders (halsslagader, dijbeenslagaders) wordt gebruik gemaakt van globale parameters als de pulsatiliteitsindex (de verhouding van de piek-piek-waarde en de gemiddelde snelheid van een hartcyclus), de dempingsfaktor (de verhouding van de pulsatiliteitsindices bepaald op twee plaatsen in het arteriële systeem) en de resistentie-index (de verhouding van de minimum en maximum bloedsnelheid). De laatste grootheid (Pourcelot, 1982) kan alleen toegepast worden voor die slagaders waar normaal de minimumsnelheid ongelijk nul is d.w.z. voor die slagaders die een gebied met lage weerstand verzorgen (halsslagader, navelstreng). Het onderzoek naar parameters, waarmee hemodynamische afwijkingen op een betrouwbare wijze kunnen worden gekarakteriseerd, is nog in volle gang.

CONCLUSIES

Met behulp van ultrageluid kunnen anatomische (2D-echo) en hemodynamische afwijkingen (Doppler) in het lichaam worden opgespoord. Het voordeel van diagnostische apparatuur op basis van ultrageluid is het niet-invasieve karakter. Tot nu toe zijn er geen schadelijke bijwerkingen aangetoond.

De technische ontwikkelingen van de afgelopen jaren hebben geleid tot een groot aantal systemen, die alle hun eigen voor- en nadelen hebben. Met name de 2D-Doppler apparatuur zal in de toekomst bijdragen tot een beter inzicht in het ruimtelijk karakter van hemodynamische verstoringen. Kwantificering van deze verstoringen is echter nog steeds een probleem.

Het multikanaals gepulst Doppler systeem is gedeeltelijk tot stand gekomen met steun van FUNGO-ZWO en STW.

REFERENTIES

Angelsen B.A.J. (1980): A theoretical study of the scattering of ultrasound from blood. IEEE Trans. on Biomedical Engineering, BME-27, 61-67.

Angelsen B.A.J., Kristoffersen K. (1983): Discrete time estimation of the mean Doppler frequency in ultrasonic blood velocity measurements. IEEE Trans. Biomed. Eng., BME-30, 207-214.

Angelsen B.A.J., Kristoffersen K. (1983): Zerocrossing density for ultrasonic Doppler signals obtained from computer simulations. Ultrasound in Med. & Biol., 9, 661-665.

Arts M.G.J., Roevros J.M.J.G. (1972): On the instantaneous measurement of blood flow by ultrasonic means. Med. & Biol. Eng., 10, 23-34.

Bamber J., Phelps J. (1977): The effective directivety characteristics of a pulsed ultrasound transducer and its measurement by semi-automatic means. Ultrasonics, 15, 169-174.

Blackshear W.M., Phillips D.J., Chikos P.M., Harley J.D., Thiele B.L., Strandness D.E. (1980): Carotid artery velocity patterns in normal and stenotic vessels. Stroke, 11, 67-71.

Bom K., De Boo J., Rijsterborgh H. (1984): On the aliasing problem in pulsed Doppler cardiac studies. J. Clin. Ultrasound, 12, 559-567.

Hatle L, Brubakk A., Tromsdal A., Angelsen B. (1978): Non-invasive assessment of pressure drop in mitral stenosis by Doppler ultrasound. British Heart Journal, 40, 131-140.

Hatle L. (1984): Maximal blood flow velocities - haemodynamic data obtained non-invasively with CW-Doppler. Ultrasound in Med. & Biol., 10, 225-237.

Hoeks A.P.G., Reneman R.S., Peronneau P.A. (1981): A multi-gate pulsed Doppler sytem with serial data

processing.
IEEE Trans. on Sonics & Ultrasonics, SU-28, 242-247.
Hoeks A.P.G. (1982): On the development of a multi-gate pulsed Doppler system with serial data-processing.
Ultrasonoor Bulletin, 10, 8-14.
Kasai C., Namekawa K., Koyano A., Omoto R. (1985): Real-time two-dimensional blood flow imaging using an autocorrelation technique.
IEEE Trans. Sonics & Ultrasonics, SU-32, 458-464.
Kitabatake A., Ito H., Inoue M., Tanouchi J., Ishihara K., Morita T., Fujii K., Yoshida Y., Masuyama T., Yoshima H., Hori M., Kamada T. (1985): A new approach to non-invasive evaluation of aortic regurgitant fraction by two-dimensional Doppler echocardiography.
Circulation, 72, 523-529.
Merode T. van, Hick P., Hoeks A.P.G., Reneman R.S. (1983): Limitations of spectral broadening in the early detection of carotid artery disease due to the size of the sample volume .
Ultrasound in Med. & Biol., 9, 581-586.
Pourcelot L. (1982): Continuous wave Doppler techniques in cerebral vascular disturbances.
In: Doppler ultrasound in the diagnosis of cerebrovascular disease. Ed.: R.S. Reneman, A.P.G. Hoeks, Publ. Research Studies Press-John Wiley, New York, 103-128.
Reneman R.S., Merode T. van, Hick P., Hoeks A.P.G. (1985): Flow velocity patterns in and distensibility of the carotid artery bulb in subjects of various ages.
Circulation, 71, 500-509.
Wells P.N.T. (1969): Physical principles of ultrasonic diagnosis.
Publ.: Academic Press, London and New York, .
Wells P.N.T., Skidmore R. (1985): Doppler developments in the last quinquennium.
Ultrasound Med. & Biol., 11, 613-625.

Voordracht gehouden tijdens de 336e werkvergadering.

WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS IN DE BIOMEDISCHE EN GEZONDHEIDSTECHNOLOGIE

Ir. J.A.M. Graafmans
Buro BMGT, TH Eindhoven

This article describes the field of research in biomedical and health-care technology in order to define the area of training and education programmes in biomedical engineering in the Netherlands. The state of the art in the Dutch Technical Universities is presented. Both the facilities in the 8 medical faculties and university hospitals in Holland and the more practically oriented programmes of the Colleges of Advanced Technology are briefly described.
The international developments of education in biomedical engineering, especially those in the USA, are projected on the Dutch situation which establishes a usable future scenario. Finally the recent start of the new education course in biomedical engineering at the Eindhoven University of Technology, recently approved by our minister of Education and Science, is discussed.

INLEIDING

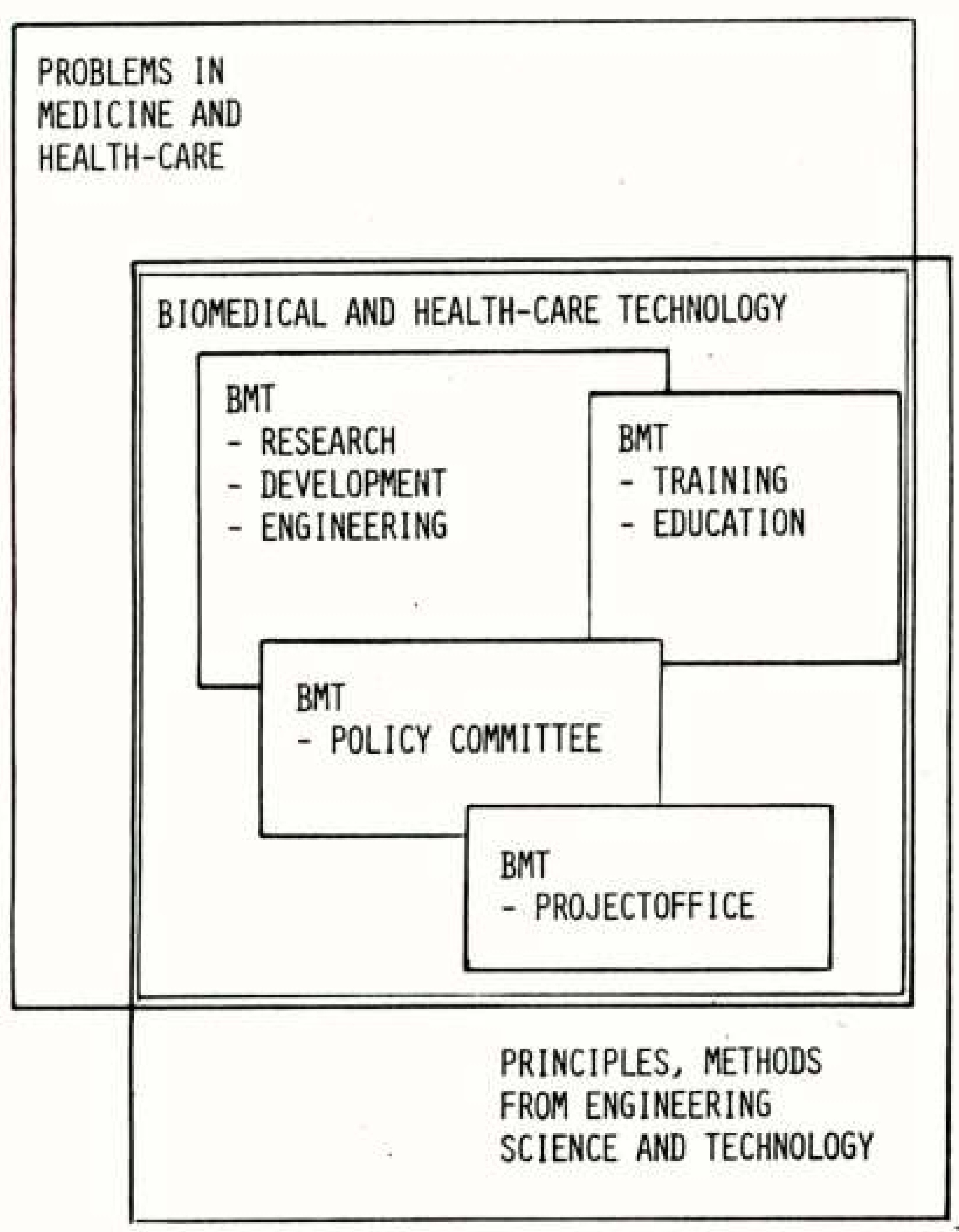
De bijdrage van technologen aan de levenswetenschappen is de laatste decennia enorm toegenomen. Hierdoor zijn grote veranderingen in het inzicht in fundamentele biologische processen ontstaan (neurochemie) maar ook in de aard van de medische zorg (poliklinische behandeling, thuisdialyse). De bijdrage van technologen vindt meestal plaats in multidisciplinaire groepen waarin nauw wordt samengewerkt met medici en/of biologen. Het is vanuit de samenwerking in deze groepen dat het gebied van de biomedische technologie gestalte en erkenning heeft gekregen.

GEBIEDSOMSCHRIJVING

Na een lange diskussie is in 1976 de volgende definitie opgesteld door de commissie "medische technologie" van de Raad voor Gezondheidsresearch TNO: "Medische technologie behelst het - op basis van natuurwetenschappelijke kennis voor toepassing in de geneeskunde - ontwikkelen van methoden, systemen, apparaten, instrumenten of materialen".
Internationaal gezien is de volgende ruimere definitie voor biomedische techniek (= biomedical engineering) meer gangbaar (Cook 1979). "A discipline that applies principles and methods from engineering, science and technology to understand, define and solve problems in biology and medicine".

Al heel vroeg is het gebied in drieën gesplitst (National Academy of Engineering, USA, 1971)

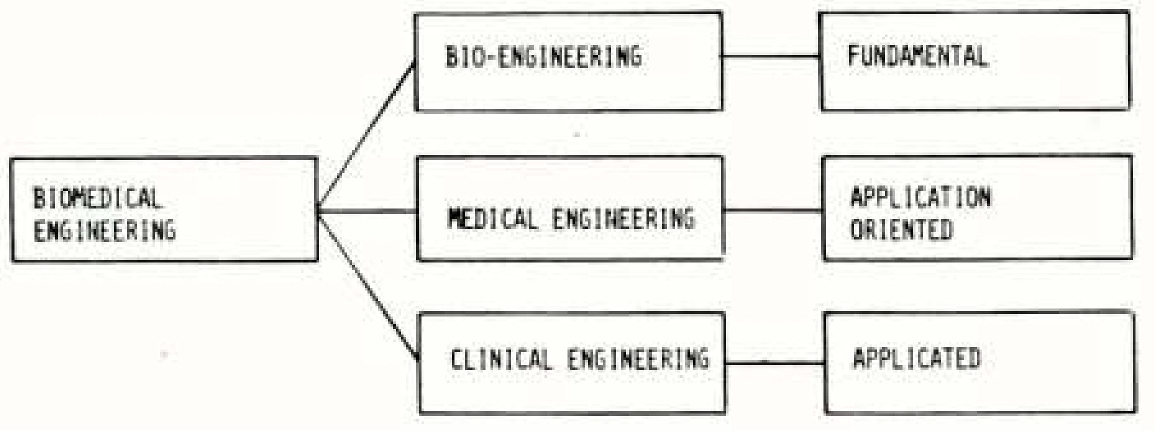
- toepassing van ingenieurswetenschappen bij het verrichten van hoofdzakelijk fundamentele research (→ bio-engineering = fundamenteel BMT-onderzoek),
- ontwikkeling van nieuwe methoden, instrumenten en materialen ten dienste van de medische beroepsuitoefening (→ medical engineering = toepassingsgericht BMT-onderzoek),



- toepassing van ingenieurs wetenschappen bij de direkte dienstverlening ten behoeve van de patient (→ clinical engineering = toegepast onderzoek).

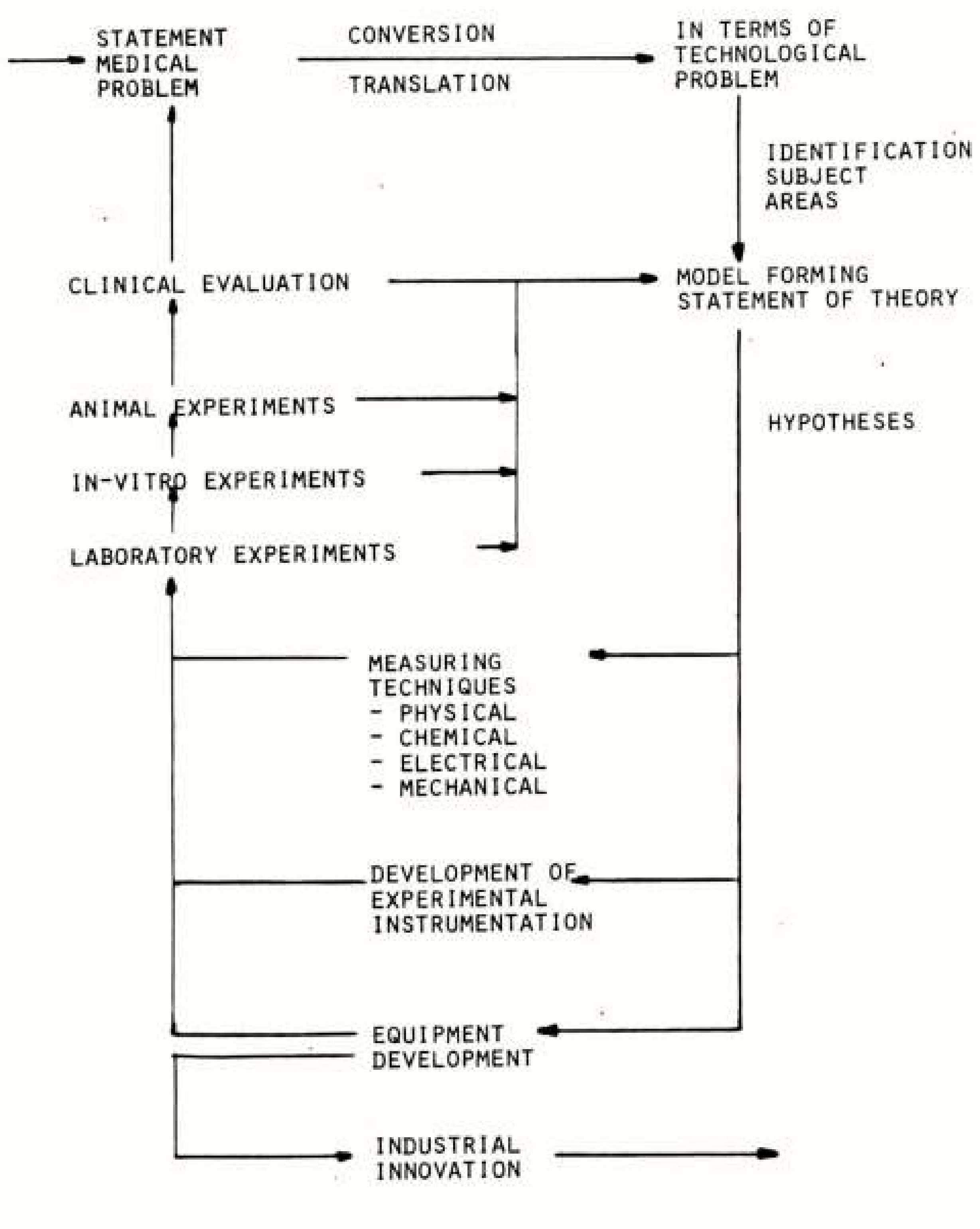
Deze driedeling bestaat overigens allang in de klassieke technische wetenschappen. Met enige goede wil is de gerichtheid van de drie stromen Research (= fundamenteel), Development (= toepassingsgericht) en Engineering (= toegepast) als een analogon hiervan te beschouwen. Een saillant detail is dat door het keurslijf van de tweefasenstruktuur (4-jarige curricula) een student in een van de technische disciplines na het tweede studiejaar zijn koers moet bepalen in dit driestromenland, waarbij hij of zij genoodzaakt is de twee andere mogelijkheden te laten varen.

Wanneer men in het Nederlands spreekt over "biomedische techniek" dan betreft dit veelal de kombinatie van bio-engineering en medical engineering. Clinical engineering duidt op "klinische technologie". Biomedische en Gezondheidstechnologie (BMGT) aan de THE omvat aktiviteiten op alle drie de gebieden zoals hiervoor gedefinieerd.



Kenmerkend voor BMGT is de interdisciplinariteit. Op de eerste plaats doordat er een nieuw gebied wordt gevormd door het samengaan van medische en technische wetenschappen, waarvoor specifieke deskundigheidseisen worden gesteld en op de tweede plaats doordat vanuit de technische wetenschappen niet vanuit één maar vaak vanuit meerdere technische disciplines een bijdrage geleverd moet worden. Daarmee wordt BMGT ook een "inter technisch" gebied.

INTERDISCIPLINARY AND INTERTECHNICAL



Illustratief hiervoor zijn de voorwaardelijk gefinancierde onderzoekprogramma's van de THT en de THE. Het THE-programma "Technologie rond Vitale Funkties" steunt op de technische disciplines: Natuurkunde, Scheikunde, Werktuigbouwkunde en Elektrotechniek; op de medische basisdisciplines" anatomie, fysiologie en biochemie; en op de toepassingsgerichte disciplines: anesthesiologie, orthopedie, thoraxchirurgie, nefrologie en cardiologie.

HUIDIGE SITUATIE

BMGT-aktiviteiten aan de Nederlandse TH's worden voorbereid, gestimuleerd, gekoördineerd en ondersteund door een centraal orgaan

- THD: Centrum voor Medische Techniek (CMT)
- THE: Beleidskommissie voor Biomedische en Gezondheidstechnologie (BMGT)
- THT: Coördinatie Centrum voor Biomedische Technologie (CCBMT).

In de "oude" studiestruktuur kennen de meeste afdelingen aan de TH's afstudeervarianten (projecten in het 5e studiejaar), waarbinnen technologisch onderzoek kan worden gedaan met min of meer sterk medisch-technisch accent. De noodzakelijke voorkennis kan worden verkregen via medisch-technische en medische keuzevakken binnen een zekere keuze-ruimte (in het 4e studiejaar).
Zowel de THD als de THE hebben een aabod van circa 30 BMT-keuzevakken en respektievelijk 40 en 30 afstudeerspecialisaties binnen de verschillende vakgroepen en werkgroepen (bron: jaarverslagen 1984).
De THT heeft in het oude curriculum een soortgelijk aanbod en een formele status gegeven aan de afstudeerrichtingen biomedische techniek in de afdelingen Werktuigbouwkunde, Elektrotechniek, Scheikunde en Natuurkunde. Een aantal biomedische basiscolleges en een biomedisch getinte stage zijn hierbij verplicht gesteld. Deze formele status zal in de nieuwe eerste fase verdwijnen.

Binnen het Inter-Centra-Overleg BMT (3 TH's + TNO) staat men op het standpunt dat biomedische ingenieurs opgeleid dienen te worden met primair een gedegen technische opleiding in een der afdelingen waarin het BMGT-onderwijs is geïntegreerd in het curriculum. Anderzijds is de verwevenheid van het onderwijsprogramma met het lopend onderzoek van essentieel belang. Het plaatsen van afstudeerprojekten in lopende voorwaardelijk gefinancierde onderzoekprogramma's is hiervoor de aangegeven weg. Deze verweving van onderwijs en onderzoek blijft niet beperkt tot binnen de muren van de instellingen. Aan elk van de TH's heeft men een viertal buitengewoon hoogleraren aangetrokken in de medische basisvakken (anatomie, fysiologie, biochemie). Zij hebben een hoofdtaak in een medische fakulteit of medisch-technische industrie, zij participeren in het lopend onderzoek en het daaruit afgeleide onderwijs en bewerkstelligen aldus een voort-

durende afstemming ook op nieuwe ontwikkelingen.

In de nieuwe eerste fase zal het BMT-onderwijs aan de 3 TH's niet veel verschillen. Medisch-technologische afstudeervarianten blijven bestaan daar waar de onderzoekprogramma's lopen. De keuzeruimte om de benodigde voorkennis op te doen zal echter zeer beperkt zijn.
De tweede fase biedt veel onduidelijkheid en onzekerheid. De algemene opvatting is dat er zeker behoefte bestaat aan een multidisciplinaire 2e fase opleiding zowel voor onderzoekers als ontwerpers. De overheid laat ons hierover in het ongewisse.
AIO's (assistenten-in-opleiding) zullen goede mogelijkheden hebben voor een vervolgopleiding en zelfstandig onderzoek binnen de lopende BMT-programma's. De infrastruktuur is aanwezig, het spanningsveld tussen onderzoekwereld en industrie ook.
Het is het streven van de 3 TH's om tweejaarlijks een PATO-BMT cursus te geven. In 1984 is de eerste cursus verzorgd met als onderwerp "Methodisch ontwerpen van medisch-technologische apparatuur."

Medische technologie maakt geen deel uit van de reguliere opleiding tot basisarts aan de medische fakulteiten. Enigszins verscholen zit de technologie in de farmaceutische technologie en enige aandacht wordt eraan besteed via de omweg van Medical Technology Assessment. MTA is bijvoorbeeld verweven met het onderwijs in de medische sociologie op de RU Groningen. In hoeverre technische opleidingen deel uitmaken van de specialistenopleiding is moeilijk te overzien. Belangrijker hier is echter het aantal H.B.O.-stages in (academische) ziekenhuizen en de mogelijkheid om ook H.T.S.-afstudeerprojekten in de BMT af te ronden.
Tussen de H.T.S. Leeuwarden en de R.U. Groningen bestaat een regulier stagegebeuren wat binnenkort een formele inpassing gaat krijgen. De betrokkenheid van het H.B.O. met de geneeskunde beperkt zich voornamelijk tot de elektrotechniek.

Een Delphi-onderzoek heeft overigens uitgewezen dat de gezondheidszorg bij de invoering van steeds meer technologie tijdens de aanvangsfase vooral behoefte heeft aan academisch opgeleiden. De belangrijkste reden hiervoor is dat dezen een sparring-partner kunnen zijn voor de gebruikers van deze technologie, de medici. Reeds geaccepteerde medische-technologie zou veel meer perspektieven bieden voor juist de HBO-opgeleiden.

Zeer recent is besloten een onderzoek te starten naar de inhoud en struktuur van een dagopleiding "medisch beelvormende en radiodiagnostische technieken". Dit initiatief is vastgelegd in een samenwerkingsovereenkomst tussen de Akademie voor Gezondheidszorg Kennemerland te Haarlem en het IHBO-(Instituut voor Hoger Beroeps Onderwijs) Eindhoven. Het onderzoek wordt gesubsidieerd door het ministerie van WVC.
Aspekten welke m.b.t. deze opleiding zullen worden bekeken zijn:

- welke beeldvormende technieken kunnen worden samengevoegd (bijv. radiodiagnostiek, nucleaire diagnostiek, echografie, klinische neurofysiologie, kernspinresonantie en wellicht positron emissie tomografie)
- relatie tot andere niet-beeldvormende technieken (longfunktie-onderzoek, klinisch chemisch onderzoek)
- samenvoeging therapeutische technieken (relatie tussen radiotherapie, nucleaire therapie en lasertherapie)
- relatie met funkties als stralingshygiënist(e), medisch technicus, moulagetechnicus.

Verder ontwikkelt men in het H.B.O. een aantal nieuwe opleidingen welke vooralsnog de wettelijke status zullen krijgen van een soort vrije studierichting. De studierichtingen waar men dan aan kan denken zijn medische elektronica vanuit de afdelingen elektrotechniek, bedrijfshygiëne vanuit de afdelingen scheikundige technologie en medische en algemene micro-biologie gekoppeld aan de bestaande laboratoriumopleidingen.

INTERNATIONALE ONTWIKKELINGEN IN BMT-OPLEIDINGEN

Op vele universiteiten ontstaan momenteel opleidingsmogelijkheden in een of meer van de eerder genoemde deelgebieden bio-engineering, medical engineering of clinical engineering. Zoals bij wel meer nieuwe ontwikkelingen gebruikelijk is ook hier de USA koploper en kan de situatie in dit land dus een toekomstscenario zijn voor West-Europa.
De west-europese situatie is eerder in kaart gebracht maar deze getallen zijn enigszins achterhaald (Halders, 1976).

Een recente survey (Potvin, USA, 1981) telde in de USA 250 instellingen met ingenieursopleidingen op M.Sc.-niveau. Hiervan kenden 100 instellingen een of andere opleidingsvorm in biomedical engineering met circa 250 verschillende opleidingsprogramma's. Zij zijn verschillend in nivo, van laag naar hoog B.Sc., M.Sc., Ph.D. en al of niet verbonden met een officiële graad in BME.
Het aantal opleidingen met officiële BME-graad was iets groter dan dat zonder. Deze laatste kennen dan nog een klassieke technische graad, zoals M.Sc. met een al dan niet gedokumenteerde BME-specialisatie.

Het aantal afgestudeerden uit deze opleidingen is met officiële BME-graad groter dan zonder. De reden hiervoor is onbekend maar de algemene opvatting onder docenten is dat het verricht hebben van research op het kwalitatief hoogstaand BME gebied een goed "visitekaartje" oplevert.

VRIJE STUDIERICHTING BIOMEDISCHE EN GEZONDHEIDSTECHNIEK

Een jarenlange diskussie heeft in Nederland plaatsgevonden over mogelijke academische opleidingen op het gebied van de BMGT. Een eerste diskussieprodukt was de nota postdoctoraal onderwijs Medische Technologie van de

3 TH's (1978). Deze opleiding is niet van de grond gekomen, maar wel zijn de BMGT-orientaties tijdens het afstuderen in vele technische afdelingen ontstaan. Deze functioneren tot op heden goed.
De konkrete situatie aan de TH Eindhoven was:
- een groot aantal BMGT-gerichte keuzevakken (30)
- veel onderzoekprojekten (50), promovendi (10/jaar) en publikaties
- afstudeerders (50) en stage-opdrachten (100)
- interafdelingssamenwerking in onderwijs en onderzoek
- 3 buitengewoon hoogleraren in medische basisvakken en een voor de ergonomie.

Dit alles is ontstaan vanuit een oorspronkelijk informele samenwerking aan de basis, bij de onderzoekers dus, en niet door top-down management- of beleidsbeslissingen. Naast deze onderwijsontwikkelingen is ook het onderzoek in de BMGT sterk gegroeid in de afgelopen jaren hetgeen heeft geresulteerd in drie grote onderzoekprogramma's aan de TH Eindhoven
- perceptieve informatieverwerking in wisselwerking met apparatuur en programmatuur
- besturen en beheren van organisaties in de gezondheidszorg
- technologie rond vitale funkties.

Deze 3 programma's waarvan er 2 voorwaardelijk gefinancierd zijn hebben een totale omvang van 55 volledige manjaren onderzoek, vergelijkbaar met een gewone technische afdeling. (Wetenschappelijk Verslag THE, 1984). Vanuit deze bestaande situatie in onderwijs en onderzoek welke sterk met elkaar verweven zijn en vanwege het spanningsveld dat ontstaan is door de verkorte studieduur en tussen de bestaande technische opleidingen is de noodzaak ontstaan van de instelling van een vrije studierichting Biomedische en Gezondheidstechnologie (rapport projektburo BMGT, 1985). Hiermee is bereikt dat de reeds bestaande samenwerking tussen de TH-afdelingen verder wordt geformaliseerd en gedokumenteerd en dat er in de nieuwe 1e fase curricula eenzelfde flexibiliteit gehandhaafd kan worden als in de oude 5-jarige programma's. Ander belangrijke uitgangspunten bij de instelling van deze vrije studierichting zijn:
- de behoefte aan eerste fase afgestudeerden met een medisch-technische inkleuring ligt in de orde van vijftig per jaar
- de helft hiervan is nodig voor de kontinuïteit in het BMGT-onderzoek (promovendi, AIO's?)
- de rest zal aktief kunnen zijn in een of andere beroepsvariant zoals projektingenieur, klinisch ingenieur, adviseur, beleidsmedewerker, wetenschapsvoorlichter etc.
- overigens moet t.a.v. de beroepskansen opgemerkt worden dat een BMGT-specialisatie kwalitatief zeker naast een klassieke technische specialisatie kan staan ook wanneer het gaat om niet-BMGT funkties (het "visitekaartje")
- de vrije studierichting zal een aantal varianten gaan kennen binnen en tussen de bestaande technische studierichtingen. Dit is noodzakelijk omdat de aldus opgeleiden, technologisch volwaardige ingenieurs moeten blijven (geen halve medici) en dit kan alleen bereikt worden wanneer de opleiding verweven blijft met het technologisch onderzoek in de afdelingen. De variant Werktuigbouwkunde is m.i.v. september 1985 operationeel
- interafdelingsaspekten zoals service-onderwijs en uitwisseling van afstudeerders tussen de disciplines zijn op deze wijze zowel flexibel hanteerbaar als geformaliseerd.

BRONNEN

Cook, A.; Katona, P. and Plonsey, R.:
Biomedical Engineering Education: Its Current Status;
Engineering Education, May 1979, pp 789-793

Halders, L.P.M. en Scheffer, J.H.K.:
De behoefte aan biomedisch ingenieurs in Nederland;
Rapport TH Twente, 1976

Potvin, A.; Long, F.M.; Wetster, J.F.; Jenanoko, R.J.:
Biomedical Engineering Education: Enrollment, Courses, Degrees and Employment;
IEEE Trans. on Biomed. Engng., 28, 1981

Vrije Studierichting Biomedische en Gezondheidstechnologie/W, TH Eindhoven, Rapport BMGT/85.064, jan. 1985
Projektburo BMGT, THE

Wetenschappelijk Verslag TH Eindhoven 1984
pp 263-273, pp 287-300

Voordracht gehouden tijdens de 336e werkvergadering.

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Dr. A.J.Borgers, Valklaan 29, 3722 ZJ Bilthoven.

Ir. A. Diekema, Offenbachlaan 14, 2253 CR Voorschoten.

Ir. R.J. Hankel, Kerstroos 2, 2317 EW Leiden.

Ir. C.M. Huizer, Berg 88, 5508 AX Veldhoven.

Ir. H.J. Welmer, Melissehof 14, 7641 GC Wierden.

Nieuwe leden

Ir. J.W. Meijer, Hoekerkade 89, 2725 AG Zoetermeer.

Ir. E. Verzijl, Nesciohöve 103, 2726 BK Zoetermeer.

Nieuwe adressen van leden

A. Koppenaal, Vlietwijck 90, 2271 EW Voorburg.

Ir. B.J.P. van der Peet, Catharijnelaan 28, 2161 CK Lisse.

Ir. J.M. van der Wiel, Draaikom 73, 1274 NM Huizen.

Overleden

Ir. J.M.G. Seppen, Veerweg 5, 1251 ZG Laren.

Conferentieaankondigingen

Eurocon '86. Parijs 21-23 april 1986. Contactadres:
Eurocon '86; Attn.: Mademoiselle Ginette Bonami;
11 Rue Hamelin; F-75783 Paris Cedex 16;
Tel. 33(1) 45 05 14 27.

Esscirc '86. Delft 16-18 september 1986. Contactadres:
Mrs. IJ. Smits; Dept. of Electrical Engineering; Delft
University of Technology; P.O.Box 5031; 2600 GA Delft;
Nederland; Tel. +31 15 7817 36.

S&A Symposium 1986; 30-31 oktober 1986; THT Enschedé;
Microtechnologie t.b.v. transducenten.
Contactadres: S&A Symposium THT; Postbus 217; 7500 AE
Enschede; Tel. 053-892760.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.

Inhoud

deel 51 - nr. 1 - 1986

druk: De Witte Eindhoven